

出國報告（出國類別：考察）

考察日本「獨立行政法人情報通信研究機構(NICT)」之時頻傳播系統
出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：王願琮技士

派赴國家：日本

出國期間：97 年 2 月 14 日 至 97 年 2 月 20 日

報告日期：97 年 2 月 26 日

摘 要

由於執行「低頻無線時頻傳播系統建置計畫」時，遭遇傳播系統規格及土地取得之問題，影響本計畫之進行。因日本已建有 2 座低頻無線時頻傳播系統，分別座落於日本本州關東福島縣大鷹烏谷山標準電波送信所（JJY 40 kHz）及日本九州佐賀縣與福岡縣邊界羽金山標準電波送信所（JJY 60 kHz），所遭遇問題值得我國借鏡。所以希望藉由此次參訪日本「獨立行政法人情報通信研究機構（National Institute of Information and Communications Technology, NICT）」本部及位於日本九州佐賀縣與福岡縣邊界羽金山標準電波送信所（JJY 60 kHz）等地洽談低頻無線時頻傳播系統細部規格與建置低頻無線時頻傳播系統所遭遇問題之解決方案，以規劃適合我國之低頻無線時頻傳播系統規格。

為達到此目標，我們向日本 NICT 提出的問題，皆獲得答案；同時日本 NICT 提供小型傳播系統及大型傳播系統的相關資料。因此通過此次參訪日本 NICT 與其傳播系統，可加強彼此國家時間與頻率標準實驗室的合作，了解彼此做什麼，有助於未來彼此良性競爭，以及未來我國國家時間與頻率標準實驗室與日本 NICT 國家時間與頻率標準實驗室建議能簽訂合作意向書(Memorandum of Understanding, MOU)，有利達成彼此時間與頻率標準的合作研究與開發等事宜。

未來對建置傳播系統的影響，實在無法以金錢衡量其效益，因為傳播系統屬於民生的基礎建設，有建置的必要，未來傳播系統是無線校正時頻的殺手級應用(killer application)，只要有關無線時頻的校正的產業，皆可跟著傳播系統而發展。

目錄

頁次

壹、	目的.....	3
貳、	參訪的對象與行程.....	3
參、	考察紀要.....	4
肆、	心得與建議.....	13
伍、	附錄.....	15

壹、目的

國家標準時間是國內可信賴時間的源頭，應用於網際網路上電腦資訊設備的時間同步，將能促進 E Taiwan (e 化商務、e 化政府、e 化生活、e 化交通、e 化表單等)之應用與發展；同時可使無線網路上的手機、PDA 等終端設備即時校時；另外在交通號誌裝有接受低頻時間訊號的接受器即能達到全國時間同步，避免產生每個路口均遇到紅燈，造成駕駛時間浪費、汽車空轉耗油及製造廢氣污染環境。及各車站、航空站、捷運站時間、辦公室掛鐘、差假系統、門禁系統、路口及商店監視器等所需的時間，倘若能無線接收校時，除無需人工對時及調時，節省人工成本外，在有事件發生時，由於全國時間已達同步，可利用精準的時間記錄作為處理事件的研析及參考，並協助維護社會治安，促進 e 化生活實現，並可促進 M Taiwan (行動服務、行動生活、行動學習、行動商務等)之應用與發展，擴展無線商務的經濟效益，達到「行動台灣、應用無限、躍進新世界」願景的基礎。

本計畫之目標為建置及維持低頻無線時頻傳播系統，將高精度標準時頻信號提供給全國民眾，以滿足民生、通信、資訊、醫療、環保，乃至國防之需求，並達到全國時頻同步的目標；進而提昇生活品質，增進產業的競爭力。

希望藉由此次參訪日本「獨立行政法人情報通信研究機構 (National Institute of Information and Communications Technology, NICT)」本部及位於日本九州佐賀縣與福岡縣邊界羽金山標準電波送信所 (JJY 60 kHz) 等地洽談低頻無線時頻傳播系統細部規格與建置低頻無線時頻傳播系統所遭遇問題之解決方案，以規劃適合我國之低頻無線時頻傳播系統規格。

貳、參訪的對象及行程

日期	工作記要	備註
2/14(四)	出發到日本	從台灣出發到日本
2/15(五)~ 2/16(六)	拜訪日本獨立行政法人情報通信研究機構 (NICT)本部	參觀日本獨立行政法人情報通信研究機構 (NICT)
2/17(日)	出發到日本福岡	日本NICT人員陪同到日本福岡

2/18(一)~ 2/19(二)	拜訪日本獨立行政法人情報通信研究機構(NICT)羽金山標準電波送信所	日本NICT人員陪同參觀 日本獨立行政法人情報通信研究機構(NICT)羽金山標準電波送信所
2/20(三)	返國	從日本返回台灣

參、考察紀要

一、日本 NICT 參訪內容

(一) 日本 NICT 介紹

日本 NICT 目前正式人員大約有 480 多個，另有約 600 多個臨時人員，其預算主要來自日本政府，其日本 NICT 整體功能有類似於我國國家通訊傳播委員會(NCC)及本局的功能，是日本唯一在資訊及通訊的研究機構，主要業務有：

1. 關於資訊、通訊及電波利用的技術研究發展。
2. 針對進行高度通信、放送研究發展的支援。
3. 屬於通訊、放送事業領域的振興。

(二) 應蒐集資料的內容如下：

1. 傳播系統的操作原理？

將時間及頻率之標準透過高功率低頻(60 kHz)傳輸系統傳送到用戶之接收機，如圖 1 所示。依日本 NICT 表示，標準之時間使用率佔 99%以上，標準之頻率使用佔率 1%以下。標準之頻率使用為純度高之 60 kHz，標準時間碼與標準頻率之傳輸電壓為 10:1。時間碼(Time Code)內容有時、分、日、年、星期幾等資料，以 2 進位(Binary Coded Decimal)調變於純度高之 60 kHz 上，並在一分鐘發射完畢，如圖 2 所示。

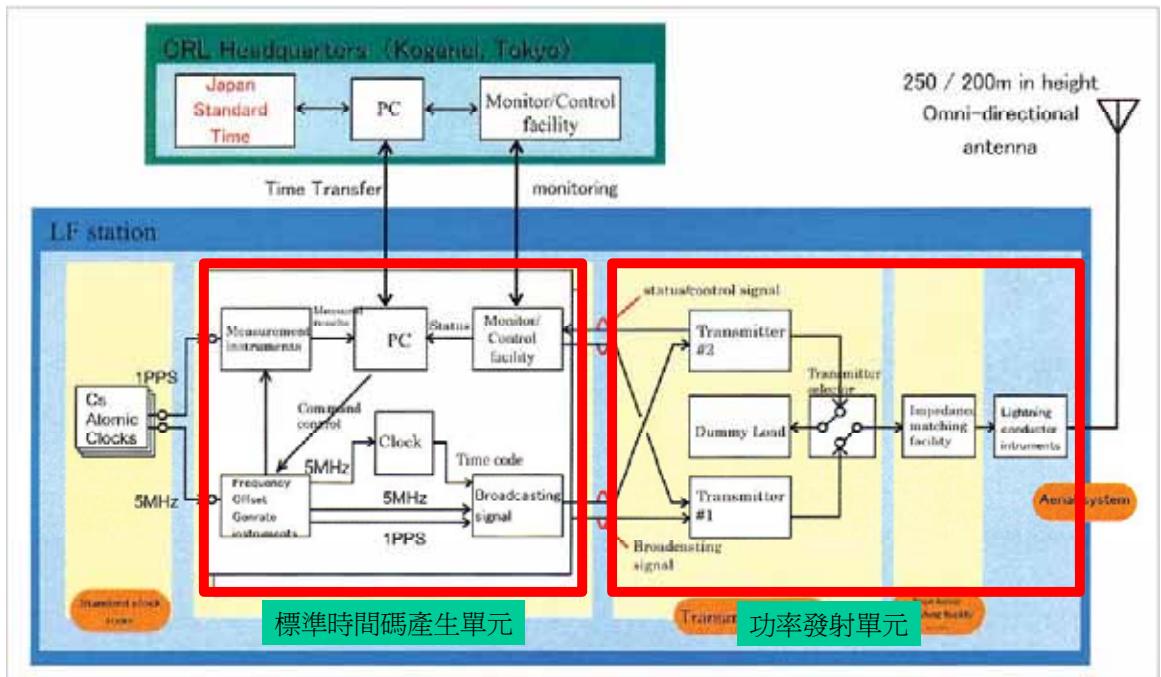


圖 1 低頻無線時頻傳播系統操作原理（摘自日本 JJY 傳播系統）

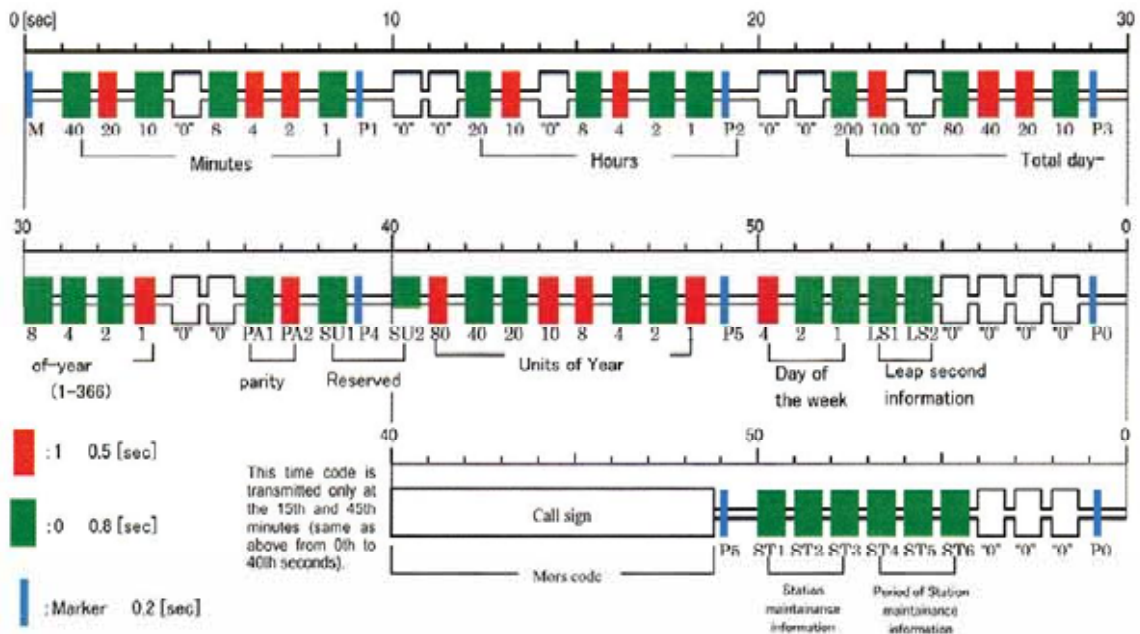


圖 2 廣播時間碼（摘自日本 JJY 傳播系統）

2. 請日本 NICT 安排傳播系統的日本廠商，一起參加會議？

Nitsuki 公司曾替日本 NICT 設計傳播系統接收機，該公司高橋博英及大久保寬也參與這次討論。

Denki Kogyo 公司：曾替日本 NICT 設計傳播系統天線系統，該公司之河內雅典(Masanori Kawachi)、蓮野茂夫(Shigeo Hasuno)、

清木洋佑也參與這次討論。該公司發射機向美國購買。發射機有真空管及半導體兩種。

3. 在日本的傳播系統對接收器最小的場強為何？

日本兩座傳播系統場強分佈如下及圖 1 所示：

羽金山標準電波送信所(2001 年 10 月 1 日開始發送訊號)

場強大小 E: 半徑 500 km $E \geq 63dB\mu V / m$

半徑 1000 km $E \geq 53 \sim 63dB\mu V / m$

半徑 1500 km $E \geq 43 \sim 53dB\mu V / m$

大鷹鳥谷山標準電波送信所 (1999 年 6 月 10 日開始發送訊號)

場強大小 E: 半徑 500 km $E \geq 60dB\mu V / m$

半徑 1000 km $E \geq 50 \sim 60dB\mu V / m$

半徑 1500 km $E \geq 40 \sim 50dB\mu V / m$

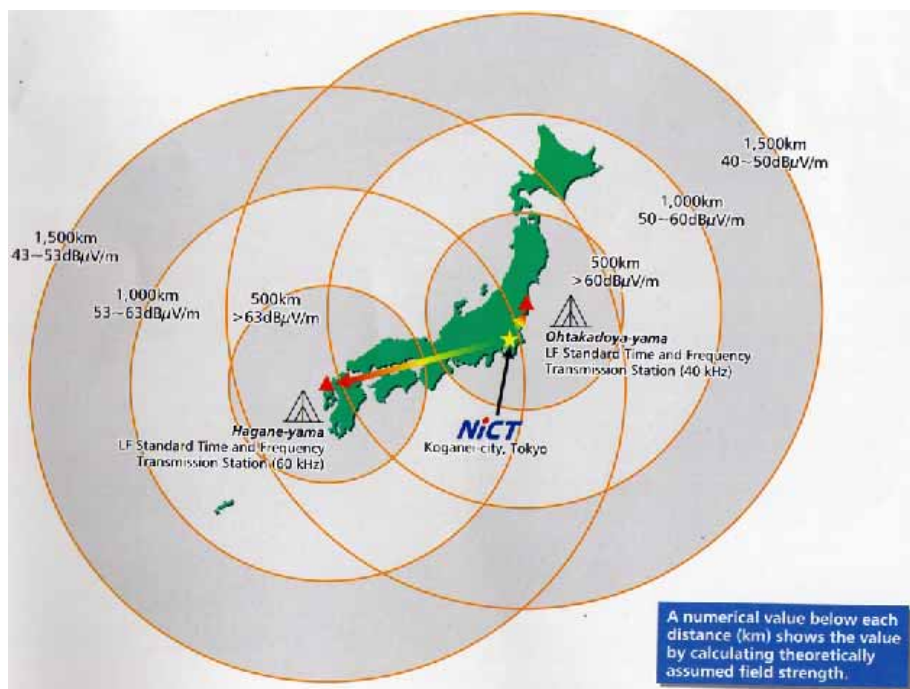


圖 3 日本傳播系統電波涵蓋範圍之場強圖

羽金山標準電波送信所控制室之建物結構，特別說明如下：

爲了避免傳導之 EMI，建物結構皆有地網，這也是天線之地網。建物結構之窗戶玻璃皆有 1 公分大小之金屬網，因此對電波之隔離有 10 dB。建物屋頂也有 VHF，UHF，GPS，Ku band 等天線。基站外 200 公尺處也有微波轉播台。除了建物結構有密集地網（60 m x 30

m) 外，周邊每隔 1° 有輻射狀 150 公尺金屬導線供作天線之地網。高功率發射機由 48 組半導體發射機構成。所有設備皆有備份。天線周遭數公里曾有量測場強並推算天線之場型圖。避雷器之接地距離為 60 公分，由於高功率發射機之頻譜 60 kHz 落於雷擊之頻譜範圍內，因此雷擊常燒毀半導體發射機模組。

4. 傳播系統最小用地及形狀之要求為何？傳播系統的用地大小、形狀、功率、覆蓋範圍之折衷研究(tradeoff study)？

Denki Kogyo 公司表示地愈小，天線效率愈低，天線輻射電阻愈低，端點電壓愈高，天線不易設計，RF 波形也易失真。頻率提高也是方案之一，但須考量用途。清晨 2~5 時，由於電離層穩定，通信品質佳。

5. 全世界有多少廠商有能力建置傳播系統？

依據 Denki Kogyo 公司之資料顯示，該公司有能力及能量設計及建構大型傳播系統基地台。

6. EMI 問題，如何克服解決？

EMI 包括輻射干擾及傳導干擾兩種。傳輸系統建構時，建築物及天線接地採用高密度之金屬網，因此沒有傳導干擾問題。至於輻射干擾，因發射機頻譜分佈很純，因此未有 EMI 問題發生。VHF 及 UHF 電視天線，GPS 天線，VSAT 天線皆能正常工作在高功率低頻傳輸系統下。

另外大家所關心之輻射場強分佈也有量測及分析，詳如圖 4 說明，控制室工作人員對此很放心。

No.	測定地点		距離		計器補正 *1K(dB)	電界強度測定値			送信電力		1km,1kW換算値		輻射効率 η (%)	備考	
	方位No.	地区名	D(km)	D'(dB)		E(dB μ)	F(mV/m)	X(dB μ)	Y(mV/m)	P(kW)	A(dB)	B(dB μ)			B'(mV/m)
1	30°00'	群馬市井田芝菜菜村近	10.40	20.3	0.9	101.9	124	123.1	1436	50.0	17.0	106.2	203	45.8	
2	53°00'	高崎市山神社内方向500m	5.07	14.1	0.9	107.9	246	122.9	1396	50.0	17.0	105.9	197	43.3	
3	102°00'	三浦村高山村近	14.30	23.1	0.9	99.6	95	123.6	1515	50.0	17.0	106.6	214	51.0	
4	118°00'	三浦村国民會堂前石段草場	8.20	18.3	0.9	104.9	176	124.1	1599	50.0	17.0	107.1	226	56.8	
5	142°00'	富士野権堂山北西方向100m	8.68	18.8	0.9	104.7	172	124.4	1654	50.0	17.0	107.4	234	60.8	
6	167°00'	富士野古湖北西方向約2km	8.27	18.4	0.9	103.4	148	122.7	1357	50.0	17.0	105.7	192	40.9	
7	203°00'	七山村東面南方向約2km	8.82	18.9	0.9	104.9	176	124.7	1720	50.0	17.0	107.7	243	65.7	
8	213°00'	七山村大腰池	7.70	17.7	0.9	106.7	216	125.3	1847	50.0	17.0	108.3	261	75.8	
9	243°00'	七山村滝川南西方向約2km	8.20	18.3	0.9	106.3	207	125.5	1879	50.0	17.0	108.5	266	78.4	
10	263°00'	七山村島川東面方向約2km	4.44	12.9	0.9	112.4	417	126.2	2039	50.0	17.0	109.2	288	92.4	
11	296°00'	赤島第二支所古井	9.83	19.9	0.9	103.5	150	124.3	1631	50.0	17.0	107.3	231	59.1	
12	324°00'	赤島第二支所大崎	7.91	18.0	0.9	104.3	164	123.2	1439	50.0	17.0	106.2	204	46.0	
13	359°00'	群馬県千草新田	10.00	20.0	0.9	103.9	157	124.6	1738	50.0	17.0	107.8	246	67.1	
平均値								124.3	1635	50.0	17.0	107.3	231	59.4	
送信周波数: 50kHz					送信電力: P=50kW										
距離: D'=LogD(dB) 但し, Dはkm単位															
1km換算値: X=D'+1K+E (dB μ)					電界強度測定器: ML428B No.MT78578					ループアンテナ: MP414B No. M74780					
送信電力: A=(10LogP(dB) 但し, PはkW単位															
1km, 1kW換算値: B=X-A (dB μ)															
輻射効率: $\eta = (B/300)^2 \times 100(\%)$															

(1) ダミーロード負荷

測定日: H18. 10. 31

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	周波数(kHz)	規定値※	送信機電力計	測定値			出力換算値
				DC電圧	DC電流	出力電流	
1号機	60	50kWに対して上限20% 下限50%	49.5 (kW)	275 (V)	190 (A)	31.5 (A)	49.9 (kW)
2号機	60		49.5 (kW)	266 (V)	192 (A)	31.5 (A)	49.9 (kW)

ダミーロード入カインピーダンス: 50. 3-j0. 7 (Ω)

※ 無線設備規則第14条より

(2) 空中線負荷

測定日: H18. 10. 31

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	周波数(kHz)	規定値※	送信機電力計	測定値			出力換算値
				DC電圧	DC電流	出力電流	
1号機	60	50kWに対して上限20% 下限50%	49.5 (kW)	277 (V)	189 (A)	31.5 (A)	49.6 (kW)
2号機	60		49.5 (kW)	265 (V)	188 (A)	31.5 (A)	49.6 (kW)

空中線整合装置入カインピーダンス: 50. 0-j0. 3 (Ω)

※ 無線設備規則第14条より

3. 変調特性(変調度、参考データ)

測定日: H18. 10. 30

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	変調モード	規定値※		測定値		備考
		マーク	スペース	マーク	スペース	
1号機	タイムコード時	100 (%)	10 (%)	100 (%)	10 (%)	別紙 図-14、15波形図添付
	モールス符号時	100 (%)	0 (%)	100 (%)	0 (%)	
2号機	タイムコード時	100 (%)	10 (%)	100 (%)	10 (%)	
	モールス符号時	100 (%)	0 (%)	100 (%)	0 (%)	

※平成11年郵政省告示 第382号より(タイムコード時)

4. 電波の強度に対する安全施設

測定日: H18. 10. 31

測定者: 河内、福田

電波の強度	規定値※	測定値	
		測定地点1	測定地点2
	275 [V/m]	83 [V/m]	76 [V/m]
参考事項	周波数: 60kHz 送信出力: 50kW 測定地点は図-1による。		

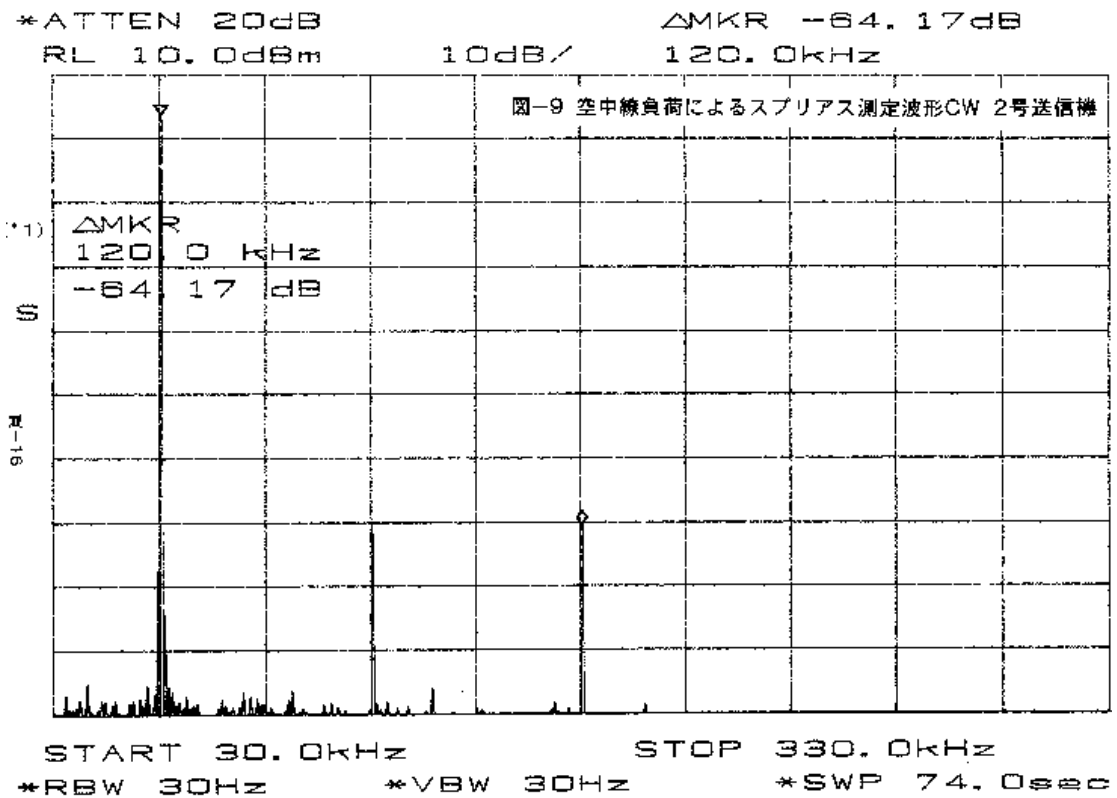
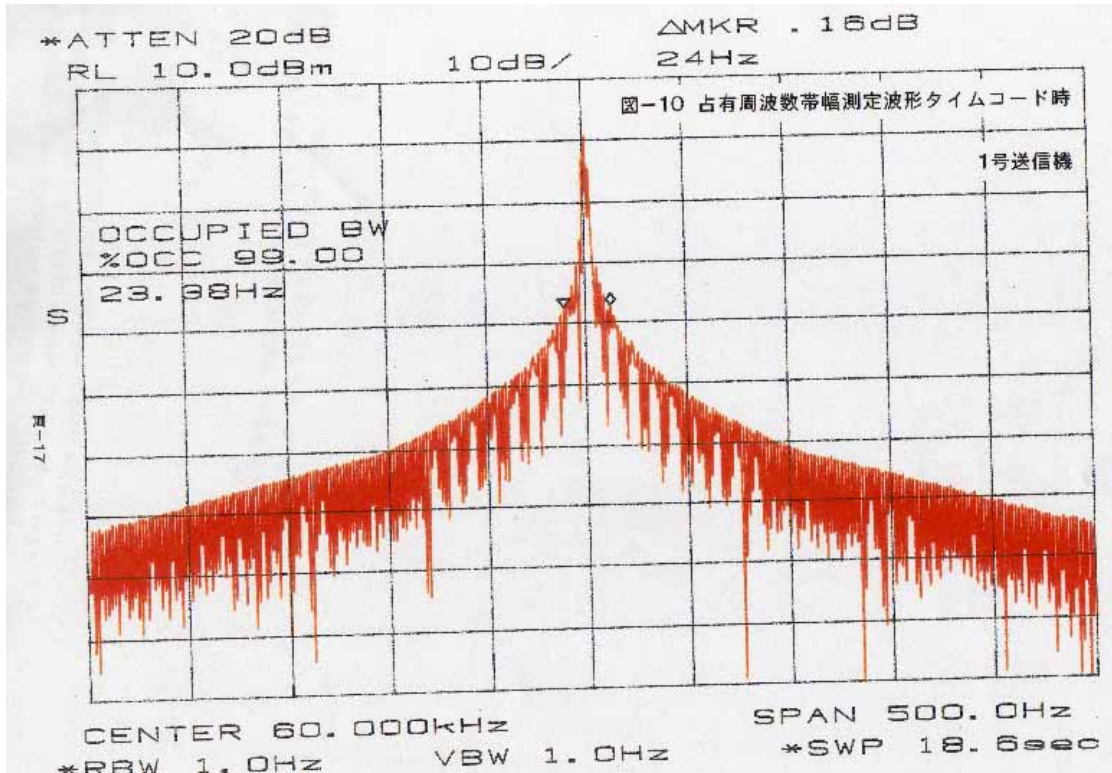
※電波法施行規則第21条の3(即ち第22条の2の2)より

圖 4 羽金山標準電波送信所附近場強分佈之量測及分析

7. 在傳播系統與接收器之間，要達到時間同步之最小要求為何？
須要數分鐘時間達到同步。

8. 日本之傳播系統規範為何？

日本之傳播系統規範，詳如圖 4、圖 5 之說明，量測結果符合規範



1. 周波数

測定日: H18. 10. 31

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	周波数(kHz)	規定値※	測定値(Hz)	偏差(Hz)	備考
1号機	60	5×10^{-6}	60,000,000	0	
2号機	60	5×10^{-6}	60,000,000	0	

※ 無線設備規則第6条(別表第1号)より

2. スプリアス発射の強度

測定日: H18. 10. 30

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	周波数(kHz)	規定値※	規定値(別紙 図-8~図-9参照)			
			第2高調波	第3高調波	第4高調波	第5高調波
1号機	60	50mWかつ 基本周波数の -40dBc以下	-88.0dBc (12.8mW)	-65.8dBc (13.2mW)	-90dBc以下 (0.05mW以下)	-84.5dBc以下 (0.38mW以下)
2号機	60		-65.7dBc (13.5mW)	-64.2dBc (19.0mW)	-90dBc以下 (0.05mW以下)	-80dBc以下 (0.05mW以下)

注1: 本表の値は、基本波50kWを0dBとした相対値(dBc)で記載してあります。

注2: ()内の値は、0dBcを50kWとした時の換算値です。

※ 無線設備規則第7条より

3. 占有周波数帯幅

測定日: H18. 10. 30

測定者: 近藤、蓮野、河内

送信機	周波数(kHz)	変調モード	規定値(Hz)※	測定値(Hz)	備考
1号機	60	タイムコード時	250	23.4	別紙 図-10 ~図-13を 参照
		モールス符号 短点連続時	250	91.7	
2号機	60	タイムコード時	250	27.8	参照
		モールス符号 短点連続時	250	96.7	

※ 無線設備規則第6条(別表第2号)より

圖 5 羽金山標準電波送信所發射機之頻譜分佈

9. 傳播系統有無與軍方共用？例如：由軍方提供土地建置傳播系統。沒有。但討論與軍方共用天線之下列解決方案；
 - 共用發射天線可行，但因隔離度關係，不建議軍方有接收情況
 - 如要有接收情況，須加機械開關於接收機、發射機、及天線間，但須考慮機械開關之可靠度
 - Time code 雖然僅一分鐘，但須要數分鐘之週期才能使接收機穩定，空檔時間可由軍方接收機使用
10. 請協助建立聯絡溝通管道，並進一步提供有關建置所需設備、居民抗爭、建設費用、應用層面、效益（社會效益、經濟效益及產

值)、建造基地之要求及運轉所需之人力等資訊？

建一座約 30 億日幣，因建於郊外，未有人煙，未有抗爭事件發生。傳播系統目標為建立時頻之標準服務，傳輸系統之應用範例，如圖 6 所示，同時目前已超過 3,000 萬電波鐘錶使用。另日本兩座傳播系統維護約 20 人，總經費每年約 5 億日圓。

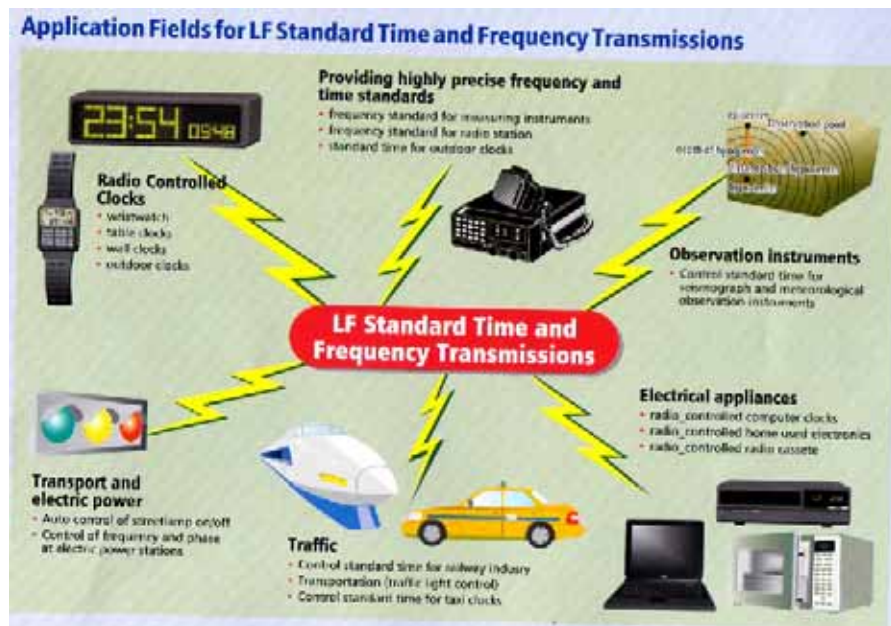


圖 6 傳輸系統之應用範例

(三) 參觀日本 NICT 國家時間與頻率標準實驗室

日本 NICT 國家時間與頻率標準實驗室負責日本國家標準時間 (Japan Standard Time, JST) 與頻率的產生、比對及傳送等任務。其實驗室隸屬於空間與時間標準組，該組有 30 個職員及 30 個臨時人員，共有 4 個計畫進行，即空間與時間應用計畫、時間與頻率量測計畫、下一代時間與頻率標準計畫、日本標準時間計畫等計畫。在國家時間與頻率標準實驗室內有建置 2 座低頻無線時頻傳播系統實體模型，通過實體模型知道 2 座傳播系統皆建置在山頂附近，2 座傳播系統各自的支撐線遍佈整座山頭。在實驗室內建置有監視系統用以監視 2 座傳播系統運作情形，並有通訊衛星或 GPS 衛星做傳播系統與實驗室的時間比對工作，用以維持及控制精確的 JST 時間。

二、參訪日本獨立行政法人情報通信研究機構(NICT)羽金山標準電波送信所

(一) 介紹

日本獨立行政法人情報通信研究機構(NICT)羽金山標準電波送信所座落於日本九州佐賀縣及福岡縣邊界的羽金山山頂附近，標高約 900 m，2001 年 10 月開始發送訊號，傳播系統主要技術參數如下：

1. 台址：天線座標為北緯 33 度 27 分 56 秒，東經 130 度 10 分 32 秒，總面積約 115,803 m²；
2. 頻率：60 kHz；
3. 發射天線：傘型，高度 200 m；
4. 發射功率：50 kW（效率約 45%）；
5. 覆蓋半徑：1500 km(43~53 dB μ V/m)；
6. 調製方式：脈寬調變(pulse-width modulated, PWM)；
7. 發播時間：連續 24 小時；
8. 校頻精度：10⁻¹²/天。

(二) 運作情形

傳播系統的預算來自日本政府的電波利用稅收，每年編列約 5 億日圓，包括操作人員的薪水，用以維持 2 座傳播系統的正常運作。操作人員皆是臨時人員，2 座傳播系統共有 20 個臨時人員。即每座傳播系統有 10 個臨時人員，共分成 3 班，每班 8 小時，白天班有 5 人，晚上班有 2 至 3 人，1 天 24 小時全天候皆有操作人員現場管控傳播系統運作情形。

肆、心得與建議

- 一、在日本福岡當地買 Casio 手錶，並測試日本羽金山傳播系統接收情形，結果接收強度很好，約在 2 至 3 分鐘即可接收日本羽金山傳播系統訊號；同時也在回國後，在凌晨 3 至 4 時左右及白天 10 至 11 時左右，在台北測試接收日本羽金山傳播系統訊號情形，結果接收強度都很好(接收強度為共分四級，當時接收為第四級，屬於接收強度最強狀態)，約在 2 至 3 分鐘即可接收日本羽金山傳播系統訊號，在調整時區之下，即可顯示台灣本地時間，可應用很多時間同步領域，相當方便。
- 二、對未來建置傳播系統的影響實無法以金錢衡量其效益，因為傳播系統屬於

民生的基礎建設，有建置的必要，如同高鐵是顛覆台灣交通運輸的殺手級應用(killer application)，而高鐵一通車又打價格戰，造成現今國內航空業的蕭條，一些航線已失去經營績效退出市場，例如台北至台中航線；而台北捷運通車後，也造成捷運沿線計程車生意跟著轉差。所以傳播系統是無線校正時頻的殺手級應用，只要有關無線時頻的校正的產業，皆可因傳播系統跟著發展。

三、日本 NICT 先與公司(以鐘錶業公司為主)組成委員會，推動無線校時頻產業發展，鐘錶公司先通過新產品引起消費者興趣，讓消費者認識傳播系統，藉以帶動日本 NICT 傳播系統計畫進行及未來發展、應用情形。也建議本國學習日本模式推動本計畫進行，以達事半功倍之效。

四、通過參訪日本 NICT 與其傳播系統，了解彼此做什麼，有助於彼此良性競爭，以及未來我國國家時間與頻率標準實驗室與日本 NICT 國家時間與頻率標準實驗室建議能簽訂合作意向書，有利達成彼此時間與頻率標準的合作研究與開發等事宜。

五、我國將模擬小型傳播系統，我國可將日本現行的規格縮小以適應台灣現狀，不一定尋找大型土地(原先電信研究所所規劃建置用地半徑 150 公尺)，日本 NICT 表示若操作的時間不要太長時，應該可行；否則單以日本現行的規格縮小，會有問題，例如易破壞發射機及易受天氣影響及發送傳播系統訊號易有雜訊，日本 NICT 也願意與上級溝通，提供傳播系統詳細規格以供我國參考。

伍、附錄

附錄 1 日本空間與時間標準組的國家標準時間計畫

附錄 2 日本標準時間的產生與量測系統

附錄 3 日本傳播系統設施

附錄 4 JJY 日本國家標準時間與頻率

附錄 5 日本 NICT 下一世代網路研究中心

元々、時空標準グループ

日本標準時プロジェクト

独立行政法人 情報通信研究機構

日本標準時を決定・維持・供給する日本標準時プロジェクト



情報通信研究機構(NICT)は、日本標準時および標準周波数を決定・維持・供給するという国民生活に直結した重要な業務を担っています。
 ここでは、まず日本標準時をはじめとする世界各国の標準時のもととなる
 国際原子時と協定世界時についてふれます。
 そして、日本標準時プロジェクトの三大業務である
 「日本標準時をつくる・比較する・供給する」を紹介します。

国際原子時・協定世界時とうるう秒

■秒の定義

1秒の長さの定義は、かつては地球の自転や公転に基づいた天文学的な定義が採用されていましたが、1967年に原子放射の周波数に基づく量子力学的な定義に改定されました。

その定義は「セシウム133原子の基底状態の2つの超微細準位間の遷移に対応する放射の9 192 631 770周期の継続時間」となっています。

■国際原子時(TAI)

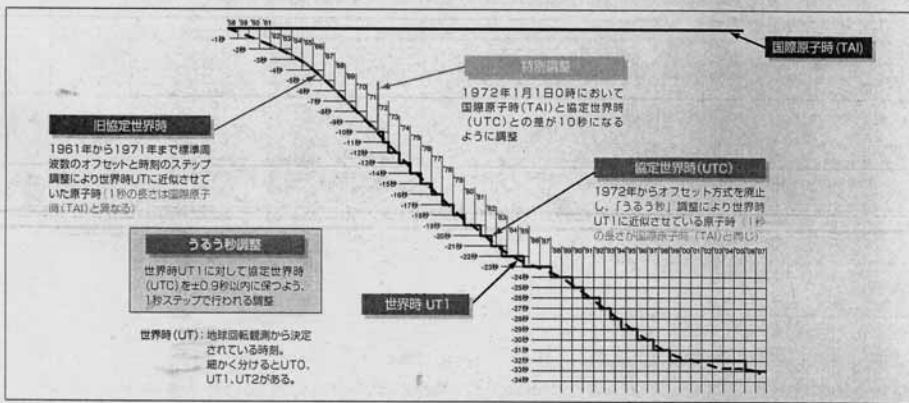
原子時計によって刻まれる時系を原子時と呼びます。
 1958年1月1日0時において、世界時UT2と原点を一致させ、国際原子時(TAI)がスタートしました。
 国際原子時(TAI)は、世界中の原子時計の時刻を加重平均することによって決定されます。

■協定世界時(UTC)とうるう秒調整

私たちの日常生活は太陽の動きと深くかかわっています。そのため、日常的に使われている時系は、地球の運行に基づく天文時系である世界時(UT)に準拠するように調整された原子時系です。

これを協定世界時(UTC)と呼びます。
 地球の自転速度は、潮汐摩擦などの影響によって変化するため、世界時(UT)と協定世界時(UTC)の間には差が生じます。そこで、協定世界時(UTC)に1秒を挿入・削除して世界時UT1との差が0.9秒以上にならないように調整しています。

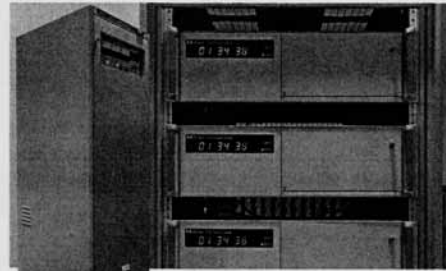
この1秒は「うるう秒」と呼ばれます。
 うるう秒調整は1972年の特別調整以降導入されました。2006年1月までに行われたうるう秒調整は、23回ありますが、すべて協定世界時(UTC)にうるう秒を挿入する調整であったため、協定世界時(UTC)は国際原子時(TAI)に対して33秒遅れています。



日本標準時をつくる

■原子時計

日本標準時は、前ページに示す国際的に定義された「秒の定義」にしたがって、長期間（1日以上）の周波数安定度に優れたセシウム原子時計18台と短期間（1日以下）の周波数安定度に優れた水素メーザ4台から作られています。しかし、1台1台の時計自体は、温度や地球磁場等の周辺環境で周波数(1秒間の振動数)が変化します。この周波数の変化の影響を避けるため、当プロジェクトの原子時計は温湿度管理、電磁界シールドを施した原器室と呼ばれる特別な部屋に設置されています。さらに、個々の原子時計には無停電電源装置が接続され、停電時には発電機で電力を供給する体制が整っています。



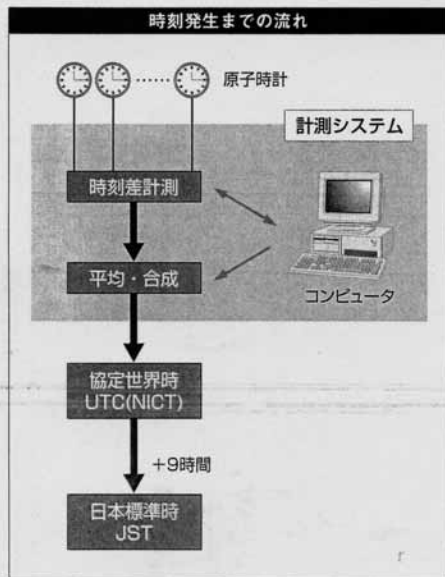
(左)水素メーザ (右)セシウム原子時計

■日本標準時の生成

4つの原器室内に設置してある設置してあるセシウム原子時計と水素メーザは、計測システムによって相互の時刻差が定時に計測されています。この時刻差データをもとに、原子時計の時刻を1日1回、平均・合成することによって(周波数制御)、協定世界時UTC (NICT) が生成されています。

日本標準時JSTは、当プロジェクトが生成する協定世界時UTC (NICT) を9時間(東経135度分の時差)進めた時刻です。

この一連の日本標準時生成過程は、コンピュータによる制御によって、すべて自動的に行われます。また、現用・予備用の複数系統で時刻の生成を行っており、機器の故障などで日本標準時が途切れることはありません。



TAI (International Atomic Time)

国際原子時
国際度量衡局(BIPM)が決定します

UTC (Coordinated Universal Time)

協定世界時
国際度量衡局(BIPM)が決定します

UTC (NICT)

情報通信研究機構 (NICT) が決定する協定世界時です

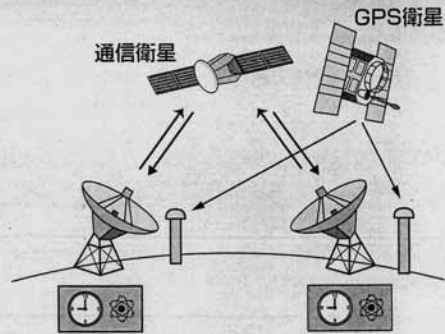
JST (Japan Standard Time)

日本標準時
上記UTC (NICT) を9時間進めた時刻です

日本標準時を比較する

■人工衛星を用いた国際時刻比較

カーナビゲーションなどで知られているGPS衛星には原子時計が搭載されています。そこから送信されている電波には、GPSタイムと呼ばれる時刻情報が含まれています。この電波を受信し、自局の時計と比較することで、GPSタイムとの時刻差を求めることが出来ます。世界各国の標準機関でも同様にGPSタイムを仲介する時刻比較を行っています。これらのデータを集約処理することによって、各機関が持つ基準時計の時刻差を求めることができます。これらの方法では、数億分の1秒から数十億分の1秒の精度で時刻比較を行うことが可能となります。また、当プロジェクトでは、産業技術総合研究所および、ドイツ、オーストラリア、アメリカ、中国、台湾、韓国、シンガポールの標準機関と共同で、商用の通信衛星を用いた衛星双方向時刻比較を定期的に行っています。この時刻比較方式は、それぞれの機関が時刻情報を通信衛星を使って双方向に送りあい、機関間の時刻差を計算

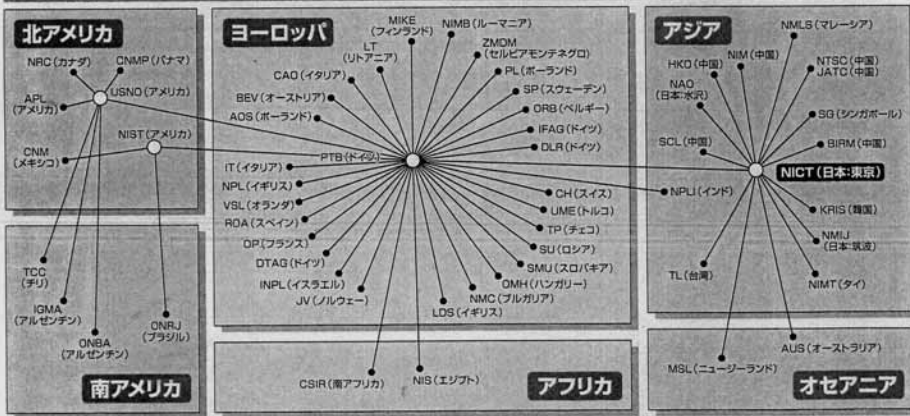


します。よって、この方式により、数十億分の1秒から数百億分の1秒の精度で時刻比較を行うことが可能です。

■協定世界時の国際比較

あらかじめ決められたスケジュールに従って得られたGPSタイムと協定世界時UTC (NICT) との時刻比較のデータおよび衛星双方向時刻比較データはフランスにある国際度量衡局 (BIPM) へ送られます。BIPMでは、世界中の機関で同様にして得られた時刻比較のデータを基にして、国際原子時 (TAI) と協定世界時 (UTC) の決定が行われます。協定世界時 (UTC) と当プロジェクトが生成した協定世界時UTC (NICT) との差が±10ナノ秒 (1ナノ秒は10億分の1秒) 以上にならないように、UTC (NICT) は決定され、管理されています。

国際原子時構築のための国際時刻比較ネットワーク (2006年4月現在)



日本標準時を 供給する

■長波帯標準電波施設

標準電波 (JJY*) は、当プロジェクトが決定した標準周波数と日本標準時を日本全国に供給するための電波です。放送局や電話による時報サービスの基となる親時計は、この標準電波を受信することによって、日本標準時に合わせています。

国内初の長波帯標準電波送信所の実用局である「おおたかどや山標準電波送信所」(福島県・田村市都路町/双葉郡川内村) は、1999年6月に標準電波 (40kHz) の送信を開始しました。

一方、運用バックアップ局と西日本への安定供給を目的とした「はがね山標準電波送信所」(佐賀県佐賀市富士町/

福岡県前原市) は、2001年10月に標準電波 (60kHz) の送信を開始しました。

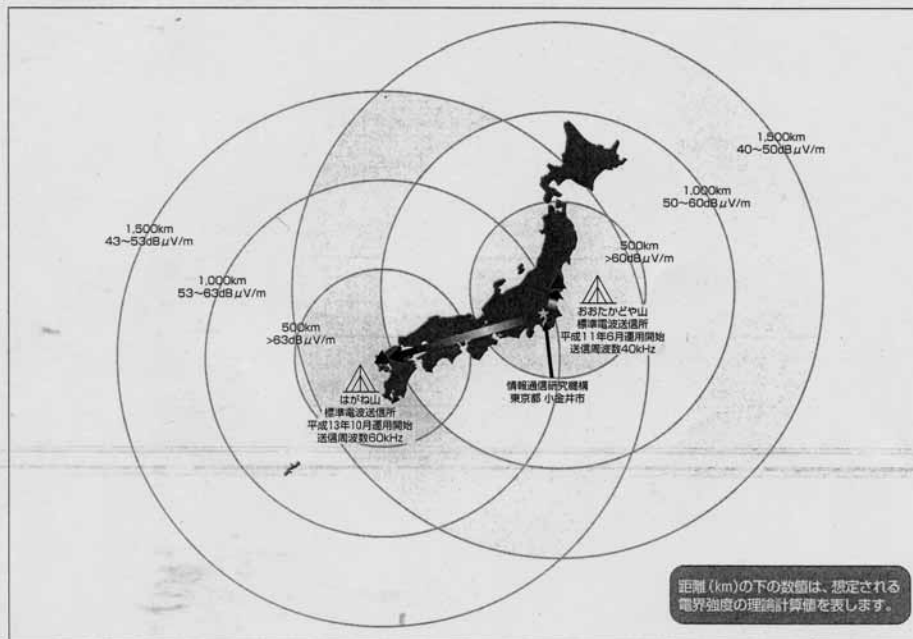
長波帯の標準電波には、時、分、1月1日からの通算日、年 (西暦の下2桁)、曜日等の時刻コードが含まれており、標準電波を受信し時刻を自動修正する機能をもった電波時計等に利用されています。

標準電波の時刻コードは電波時計だけでなく家電製品内蔵時計やカメラ、車載用時計、計測震度計内蔵時計に、また標準周波数は計測機器、通信機器、電子機器メーカー等の社内標準器の基準に、さらには地上波デジタル放送の基準発振器等、高精度な周波数標準として多様な応用が期待されています。

尚、標準電波は24時間継続して送信を行っていますが、機器およびアンテナの保守や落雷対策等で一時送信を中断する場合があります。運用状況や停波予告につきましては、当プロジェクトのホームページにて公表しています。

URL <http://jjy.jp/>

*「JJY」は、無線局のコールサインであり、情報通信研究機構の登録商標 (T4355749) です。



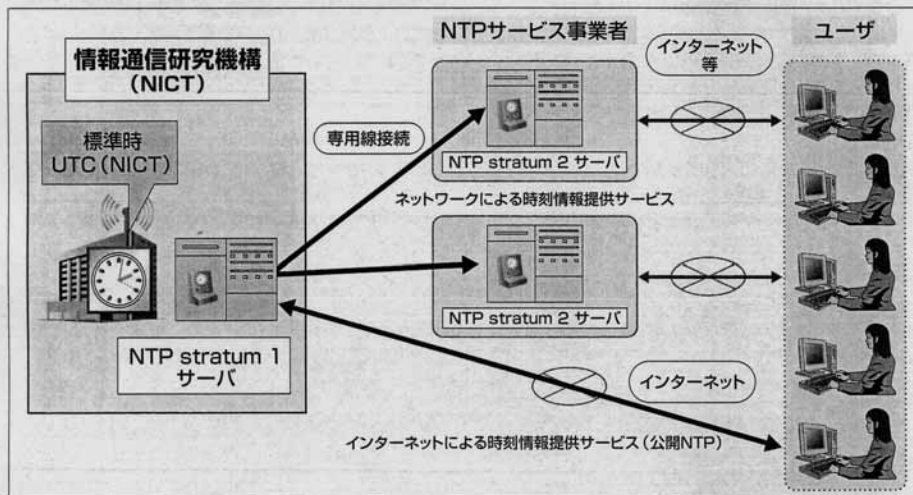
■情報化社会のオンライン時刻同期 (NTPサーバ)

情報化の進んだ現代では、計算機の多くはネットワークに接続され、データのやりとりを行っています。この際、ファイルの更新時刻等は各計算機の内部時計に基づいて行われますが、計算機の内部時計はあまり高精度ではなく、定期的な時刻合わせ無しでは矛盾を生じてしまう可能性があります。ネットワーク接続された計算機の時刻同期にはNTP (Network Time Protocol) の利用が普及してきています。本プロジェクトでは、公共機関、タイムビジネス認定の

時刻配信事業者やインターネット関連事業者等法人の方を対象として、「ネットワークによる時刻情報提供サービス」を行っています。このサービスでは、日本標準時に接続された当プロジェクトのNTPサーバと、利用者のサーバを専用線で直接接続して、安定した時刻情報の提供を行っています。

また、一般のインターネット利用者には、「インターネットによる時刻情報提供サービス (公開NTP)」を実施しており、どなたでも日本標準時直接接続のNTPサーバを利用することができます。

ネットワークによる時刻情報提供サービスの構成



■アナログ電話回線による日本標準時の供給 (テレホンJJY)

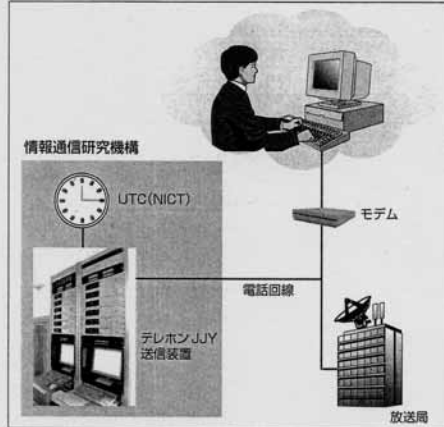
従来、放送局の親時計など業務用時計の時刻合わせには、短波帯標準電波が多く利用されてきましたが、1995年8月1日から、アナログ電話回線を利用して時刻情報データを電子的に高精度で供給するシステム (テレホンJJY) の運用を開始しました。テレホンJJYは、パソコンとモデム並びに汎用通信ソフトがあれば、だれでも回線の遅延程度の精度で時刻情報を得ることができるシステムです。業務用の専用受信装置では、電話回線の双方向性を活用

し回線遅延を測定、補正することにより、1ミリ秒以下という、従来の業務用短波帯受信装置と同等の精度で日本標準時との時刻合わせができます。このような専用受信装置は、放送局を中心とする業務用として多く利用されています。

直接日本標準時を得たいという方のために、汎用パソコン通信ソフトを利用する場合の簡単なアクセス方法を次頁に示します。利用に際しての事前登録や利用のための費用は不要です。

テレホンJJYの諸元等

- アクセス先電話番号：
(042) 327-7592
- 通信速度等：
300/1200/2400bps, 8bit, non-parity, SJIS
- ID (Name ?)：
TJJY
- 情報：
時刻情報及び年月日 (いずれも日本標準時
又は協定世界時) 等
- 機能：
ループバック機能による回線遅延測定
(利用者側で測定する)
- 参考：
認証終了後、HELP [Enter]と打ち、
使えるコマンドと機能をご覧ください。



■周波数標準器の校正

標準周波数の供給の一環として、当プロジェクトでは周波数標準器の校正を行っています。これは、校正する周波数標準器と周波数国家標準との周波数偏差を測定することにより行います (周波数校正)。

周波数校正は

- 1) 電波法に基づく校正
- 2) 計量法に基づく校正 (jcss校正)
- 3) 委託による校正

のメニューがあり、2)、3) については

- a) 持ち込み校正 (周波数標準器をNICTへ持ち込んでおこなう校正)
- b) 遠隔校正 (GPS衛星を仲介した時刻比較法を用いておこなう校正)

を選ぶことができます。

2) では、経済産業大臣より指定校正機関の指定を受けて

おり、計量法で規定されている登録事業者として活動する上で必要な校正証明書を発行しています。

3) では、周波数校正の品質システムに関して、国際標準規格であるISO/IEC 17025:2005 (JIS Q 17025:2005) に適合することの認定を受けており、国際的な相互認証に対応した校正証明書を発行しています。(外部信号に同期して発振する従属発振型周波数標準器を除く) また、周波数校正とは別に、3) では、短期安定度の測定も行っております。

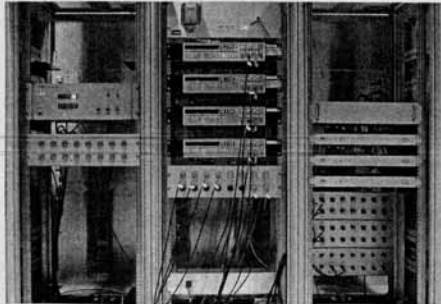
	電波法	計量法	委託
周波数校正	○	○★	○★
短期安定度測定	---	---	○

○ 持ち込み校正により校正可能です。

★ 遠隔校正により校正可能です。

--- 実施しておりません。

詳しい情報は、<http://cal.nict.go.jp/> をご覧ください。



周波数標準器の校正システム

IT 社会に向けた 新たな取り組み

■タイムビジネス時刻情報提供サービス

近年の電子商取引、電子決済等の飛躍的な進展、及び2003年度からの電子政府の発足に伴い、電子的な手続において正確かつ社会的にオーソライズされた時刻が必要とされています。

電子 (IT) 社会の時刻に関わる概念が「タイムビジネス」という新しい言葉で定義され、IT社会での正確な時刻の配信やそれを利用したタイムスタンプ等の利用拡大に向けた取り組みが進められています。また、2005年4月から施行された「e-文書法」では、電子情報 (電子文書) の

「非改ざん性等の証明」が必須条件であり、その証明のために正確な時刻情報が使用されています。

IT社会での正確な時刻供給のために、当プロジェクトでは2005年2月より、国際的にトレーサビリティが確保されており、かつ一般社会に広く普及している日本標準時の配信を開始しました。これにより、正確かつ社会的にオーソライズされた電子的な時刻情報の利用が可能となりました。

具体的には、下図にあるように、情報通信研究機構が、国家時刻標準機関 (National Time Authority : NTA) として、GPS衛星を用いたコモンビュー方式により取得した測定データをホームページ (<http://tb.nict.go.jp>) 上で公表することにより、時刻配信事業者 (Time Authority : TA) に日本標準時を配信し、TA及びタイムスタンプ事業者 (Time Stamp Authority : TSA) を介して、利用者に日本標準時にトレーサブルな時刻を配信する体系が構築されています。なお、GPS衛星を用いたコモンビュー方式は、1秒を10ナノ秒程度の精度で測定することは可能ですが、時刻を測定することができませんので、時刻の調整には、当プロジェクトがサービスしています。テレホンJJY、NTP、及び標準電波が利用されています。



NICT National Institute of Information and Communications Technology

独立行政法人 情報通信研究機構 第一研究部門 新世代ネットワーク研究センター
光・時空標準グループ 日本標準時プロジェクト

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1

Tel. (042)327-6985 Fax. (042)327-6689 URL <http://jjy.jp/> e-mail horonet@nict.go.jp

この紙は再生紙を使用しています。

2001年10月作成
2007年6月改訂

にほん ひょうじゅんじ げんせん 日本標準時の源泉

情報通信研究機構 NICT
光・時空標準グループ

日本の標準時を“創り”、地球規模で比べ、そして全国の皆さんにお届けします。

情報通信研究機構(NICT)では、周波数国家標準と日本標準時を決定しています。そして、電波や電話回線・ネットワークを利用して、それらを日本全国に向けて発信しています。こうした情報は、最近流行のハイテク“電波時計”や、NTT・テレビ・ラジオ放送局の時報サービス(ピッ、ピッ、ポーン)の時刻基準源としても活用され、国民生活に広く利用されています。さらに、NICTの時計は、世界の標準時の決定にも貢献しています。

セシウム原子時計

NICTで運用されるセシウム原子時計。その精度は、数十万年間で1秒以下の誤差です。



日本標準時を“創る”計測システム

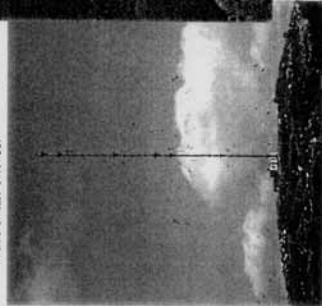
セシウム原子時計18台の時刻を平均し、“超精密”な日本標準時を創ります。ここが日本標準時の源泉です。



日本全国に向けて標準周波数・標準時を発信
標準電波

NICTでは、平成11年6月10日に「おおたかどや山標準電波送信所」(福島県)の運用を開始し、さらに平成13年10月1日に「はがね山標準電波送信所」(佐賀県と福岡県の県境)の運用を開始しました。これらの送信所からは、日本全国に向け長波帯標準電波を発信しています。送信周波数は、40 kHz(おおたかどや山)と60 kHz(はがね山)、送信機出力は50 kWです。この標準電波には、時、分、1月1日からの通算日、年(西暦の下2桁)、曜日等の時刻コードが含まれており、数十万年に1秒以下の誤差しか生じない“超精密”さを誇る“電波時計”等に利用されています。

「はがね山標準電波送信所」
(佐賀/福岡 県境)



「おおたかどや山標準電波送信所」
(福島県)



日本一正確な時刻を探して

情報通信研究機構 **NICT**
光・時空標準グループ

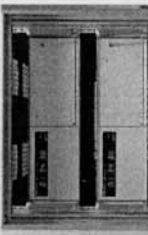
わたしたちの生活のもとになる時刻。家庭や学校で毎日、幾度となくがめる時計の基準になる、最も正確な時刻が日本のどこかにはあるはず。それはどこで、どのようにして決められているのでしょうか。

Q1: 日本一正確な時刻って?

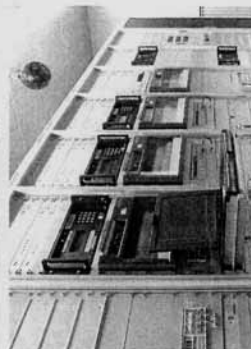
それは日本標準時。探ってみると東京のとある場所で見つかりました。

Q2: どこで決められているの?

東京都小金井市にある「情報通信研究機構」です。その「光・時空標準グループ」が担当。



…日本標準時のもとになるのは「原子時計」です(写真)。これはセシウムという原子が91億9263万1770回振動する時間を1秒と定めて、時間のもとをつくりだす装置。その誤差は、数万年で1秒という精密な時計です。



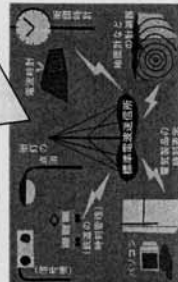
18台の原子時計の時刻を合成し日本標準時をつくる測定器群 (AIST)

Q4: どのように維持しているの?

…「情報通信研究機構」には18台の原子時計があり、それぞれの時計が作りだした時刻を合成して日本標準時がつくられます。また世界各国の標準時との比較、地球の自転をもとにした「天文時」との調整(うるう秒)が行われます。

Q5: どうやって知らせているの?

送られる日本標準時の電波は、このような所に利用されます。かつ内は、これらの利用が予定されるものです。



…日本標準時の情報は、福島県にある「おおたかどや山標準電波送信所」と、佐賀県と福岡県の県境にある「はがね山標準電波送信所」から、電波にのせて全国に送られます。



資料提供: (株)世界通信社

周波数遠隔校正サービス



ASNITE 及び jcss 認定を取得

独立行政法人情報通信研究機構では、これまでの持込みによる周波数標準器の較正に加え、周波数標準器をお手元に置いたままで出来る遠隔較正を平成17年から実施しています。

これはGPS衛星を仲介に用いた時刻比較方法(GPSコモンビュー法)により、持込み同様、当機構の周波数国家標準を基準とした周波数較正を可能にしたものです。測定に対する最高測定能力(不確かさ)は、持込みによるものに比べ劣ります(不確かさ:持込み較正 5×10^{-14} 、遠隔較正 5×10^{-13})が、平成18年5月には、NITE(独立行政法人製品評価技術基盤機構)の認定(ASNITE)を受けました。これにより、遠隔と持込み、ともに同じ認定制度により較正を行うことが可能となりました。

さらに、平成19年4月からは計量法に基づく校正制度(jcss)においても、これまでの持込み較正に加え、遠隔較正についても認定を受けましたので、較正が可能となっております。

GPSコモンビュー法

同時に同一の衛星からの信号を受信することにより、GPS衛星に搭載されている時計(GPS時刻)の誤差を相殺して、高精度な時刻比較を可能とする方法です。

下の図が、GPSコモンビュー法の原理図ですが、基本原理としては、あるGPS時刻(GPS時刻)における、A、B地点にある時計の時刻(A時刻とB時刻)とGPS時刻との時刻差は、それぞれA地点:(A時刻-GPS時刻)、B地点:(B時刻-GPS時刻)ですので、その差をとることにより、A地点とB地点にある時計の時刻差 $\Delta t1 = B時刻 - A時刻$

がGPS時刻を相殺して求めることができます。

同様な測定をT時刻後に再測定することにより、A、B地点にある時計間の周波数偏差 $\Delta f / f0$ が求められます。

$$\Delta f / f0 = (\Delta t2 - \Delta t1) / T \\ = \{(B時刻2 - A時刻2) - (B時刻1 - A時刻1)\} / T$$

このようにして、時計(周波数標準器)の周波数較正を行います。



遠隔較正のメリット

◆ 被測定周波数標準器を移動せずに較正可能

持込みと異なり、周波数標準器の移動がありません。

これまで交通の事情等で持込みできなかった地域での較正も可能です。

◆ 毎月校正証明書を発行

周波数標準器の定期的な周波数偏差を確認できます。

持込み較正を同一回行うより、非常に手数料が安くなります。

NICT 独立行政法人
情報通信研究機構

必要機器

GPSコモンビュー法による測定を行うため、次のものが必要となります。

◆ GPS受信機

GPSコモンビューを行う際の標準規格 (GGTTS形式) のデータを出力可能なもの。

◆ コントロール用PC

GPS受信機のデータを蓄積、転送するためのPC (コンピュータ)。

◆ 通信回線

データ転送用に、インターネット、電話回線 (専用線、一般回線) 等が必要となります。

手数料 (ASNITE較正、jcss校正とも同額)

較正 (校正) 開始に必要な手数料は、以下になります。

◆ 周波数及び安定度 (一年契約) 165,300円

◆ 初期検査 62,800円

(実費加算あり)

この他、以下のサービスが実施可能です。

◆ 初期設置座標測定 72,500円

(実費加算あり)

◆ 出張検査 57,000円

(実費加算あり)

ご不明な点は担当者にお問合せください。

<お問い合わせ先>

独立行政法人 情報通信研究機構

新世代ネットワーク研究センター 光・時空標準グループ

担当: 斉藤 (042) 327-7460

FAX : (042) 327-6686

土屋 (042) 327-6274

E-mail: horonet@nict.go.jp

内藤 (042) 327-5334

http://cal.nict.go.jp/

この資料は、2007年4月 時点の情報に基づいています。

NICT 独立行政法人
情報通信研究機構

5-2 Generating and Measurement System for Japan Standard Time

HANADO Yuko, IMAE Michito, KURIHARA Noriyuki, HOSOKAWA Mizuhiko, AIDA Masanori, IMAMURA Kuniyasu, KOTAKE Noboru, ITO Hiroyuki, SUZUYAMA Tomonari, NAKAGAWA Fumimaru, and SHIMIZU Yoshiyuki

This article introduces the current and future systems for the standard time generating and measurement system at the CRL. The features of these current working systems compared with the former ones are dual redundancy in the main part. It is effective to improve reliable and rapid reaction to emergency situations. We are going to move the system to a new building next year and renew the current system on this opportunity. The new system will have many improvements such as an introduction of a hydrogen maser or multi-channel DMTD system, which enables it to realize a higher performance.

Keywords

UTC (Coordinated Universal Time), JST (Japan Standard Time), Measurement system, Hydrogen maser, DMTD (Dual Mixer Time Difference System)

1 Introduction

Japan Standard Time (JST) is defined as Coordinated Universal Time (UTC) + 9 hours. The BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) determines UTC from an ensemble of atomic clocks throughout the world, but UTC is not delivered to each country in real time. Generally, the standard time of a country is prepared based on UTC(k), generated by the standardizing organization of the respective country [the "k" in UTC(k) represents the relevant standardizing organization]. In Japan, the CRL is the national standardizing organization in this area. The CRL generates the UTC(CRL) time scale based on UTC, using local atomic clocks and a standard time generation and measurement system. The UTC(CRL) is the basis of JST, and serves as the time signal for radio and television.

The standard time generation and measurement system features some distinctive elements. For example, the continuity of data is significant in the management of the time. It is not easy to stop the system while in opera-

tion, and time, once output, cannot be corrected. In other words, an abnormality cannot be corrected tracing it back to its occurrence. Therefore, in the construction of the system, the reliability of the system and the ease of long-term operation are as important as the system's main functions. In fact, the system may on occasion be constructed to favor reliability over quality.

The generation and measurement system of JST began in 1976 when the first system began operations; the current configuration represents the fourth generation of this system. The first-generation system measured time difference between the Koganei Headquarters and the Nazaki Station using a method known as the TV synchronization signal mediation method, and controlled the system using a process control computer referred to as a mini-computer. After the system was extended to include functions such as high precision time comparison using GPS (1984), the second-generation system, which began operations in 1987, established the framework of the current system with the introduction of the real-time

ensemble time method, which uses two or more atomic clocks and high performance measurement equipment controlled by GPIB. The third-generation system, which began operations in 1995, significantly saved labor with improvements such as the distributed processing and a communications facility (both features supported by the network), and greater facilitation of data processing and analysis[1].

The fourth-generation system began operations in the fall of 1999 and has been in use since. The main feature of the system is its complete dual-redundancy, resulting in increased reliability and rapid response in case of abnormality. This system is also deployed at LF standard radio wave transmission stations (referred to as "LF stations" below). Further, we are now developing the fifth-generation system, concurrently with the relocation of the system to a new building to be built at the end of 2003. Many improvements are planned, including extensive hardware replacement, involving the introduction of hydrogen masers as master standard oscillators, a multi-channel Dual Mixer Time Difference System (DMTD), and triple-redundancy in the main body of the system; in addition to software improvements such as the modification of the standard time generation and controller algorithm and the introduction of a database system.

This article describes the generation mechanism of JST in Chapter 2, introduces the fourth-generation system in Chapter 3, and introduces the outline of plans for the new fifth-generation system in Chapter 4.

2 How is JST determined?

First, we will introduce the mechanism of JST generation. Fig.1 shows a block diagram of the standard time generation procedure at the CRL Headquarters and the LF stations.

2.1 Standard time generation at CRL Headquarters

JST is determined from the average time

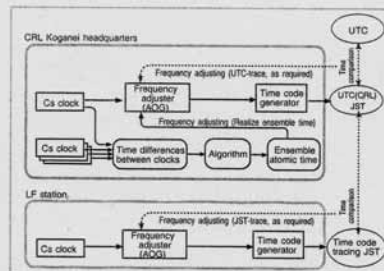


Fig.1 Generating process of standard time at the CRL and the LF station

of a group of cesium atomic clocks (average time scale) at the CRL Koganei Headquarters. The average time scale is calculated based on the time difference data between the component cesium clocks. The details of the calculation method for average time scale are set forth in Article 5-1 of this special issue. Average time scale merely a calculated value, thus, if a real signal is required, the frequency of one of the clocks is adjusted to output a signal that corresponds to the average time scale. However, in consideration of the independence of the atomic clocks, it is not desirable to adjust the atomic clock itself artificially. Thus, a frequency adjuster referred to as an Auxiliary Output Generator (AOG) is introduced, with the atomic clock as its master oscillator, and the AOG is adjusted to generate real signals for average time scale. The real signals generated consist of 5MHz or 10MHz signals, the reference values for the frequency standard, and a 1 pps signal, which is the standard for the second.

The time denoted by this real signal is known as UTC(CRL), referring to the time generated by the CRL based on UTC. JST is 9 hours shifted from UTC(CRL). The time difference between UTC(CRL) and UTC is presented in the Circular-T report published monthly by the BIPM, and we adjust UTC(CRL) whenever necessary with reference to this value.

2.2 Standard time generation at LF stations

UTC(CRL) and JST are generated at the CRL Koganei Headquarters, but the reference time signal of the standard frequency broadcast is generated at two LF stations. The details of the LF stations are described in Article 5-3 of this special issue. Here, we will outline the relationship between the time scales generated at the CRL Headquarters and at the LF stations.

The time broadcast from the LF stations is the time generated by the cesium atomic clocks at these stations; their systems consist of cesium clocks and the AOG (the frequency adjuster), reflecting the system setup employed at the CRL Headquarters. However, average time scale calculation is not performed at the LF stations. The time generated at the LF stations is continuously monitored using the GPS common-view method and the two-way satellite time and frequency transfer method, and it is adjusted at the site whenever necessary to synchronize with UTC(CRL) and JST. The time difference between UTC(CRL) and the time generated at each LF station is maintained within 100 ns.

3 Current standard time generation and measurement system

Fig.2 shows the outline of the current standard time generation and measurement system at the CRL Koganei Headquarters. The system basically consists of the same components as those discussed in Section 2.1. The following describes the function of each part.

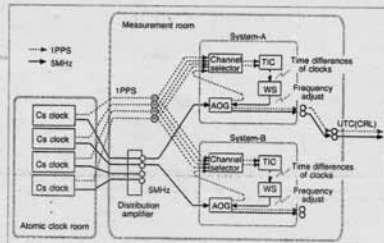


Fig.2 Current system for generating and measurement of JST (4th generation). TIC: Time interval counter, WS: Work station

3.1 Components

The most stable clock among the 12 cesium clocks is selected and is used as the master oscillator of the AOG frequency adjuster. The output signals of the AOG are the base signals for UTC(CRL). The only signals generated by the AOG are the 1-pps signal used for the time synchronization and the 5-MHz signal used as the reference frequency. The time signal (the naming of each 1-pps pulse) is generated by secondary equipment such as the NTP server, the standard time delivery system issued via telephone line (Telephone JJY), and transmitting signal-generation equipment for the standard frequency broadcast. The frequency of the AOG is automatically adjusted once a day in accordance with average time scale, and is also adjusted whenever necessary to synchronize with UTC within 50 ns.

Average time scale is calculated from the time difference data between the cesium clocks. The 1-pps signals of the clocks are input into the multi-channel selector. The signals are sequentially switched and the time differences (phase differences) between all possible pairs of the clocks are measured using time interval counters. A workstation controls all the measurement and stores all the data for each system of measurement and calculation. Each piece of the equipment is controlled through GPIB or RS232C. The time of each system as a whole is managed by controlling the time of the workstation using the NTP.

There are two completely separate generation and measurement pathways, each of which passes through the workstations, for the distribution of the cesium clock output signals. These pathways are designated as System A and System B. The UTC(CRL) for outside users is obtained from one of these systems (whichever system is active). The other serves as the stand-by system. If any abnormality should occur at any place in the active pathway, normal UTC(CRL) can be quickly supplied by switching the outputs of System A and System B for UTC(CRL).

3.2 Operation

The time differences between the clocks are measured every four hours starting at 0 h UTC. Clocks that require fluctuation monitoring are included in the measurement in addition to the 12 cesium clocks; thus the number of measured pairs exceeds 200. Measurement takes approximately 12 minutes. Among these data measured, the data at 0 h UTC is used to calculate average time scale, and the AOG frequency is automatically adjusted based on this value. System A and System B each performs the measurement and the calculation in the same manner. These two systems are equivalent, although one is generally selected as the active system. If any abnormality is observed in the active system, the output for UTC(CRL) is promptly switched to the stand-by system. Here, the time outputs of these systems are adjusted so that they always synchronize within several nanoseconds, to minimize the time difference in UTC(CRL) at the moment of switching. The measurement data for both systems are backed up in each.

The cesium clocks are placed in a shielded room that also serves as a thermostatic chamber. The status of the cesium clocks, the 5-MHz phase fluctuation, the state of phase synchronization of the AOG, and other values are continuously monitored, and any abnormality is reported to the person in charge via email. The temperature and the humidity of the shielded room and the measurement room are measured every 4 hours, as environmental data. In addition to these remote monitoring functions, the person in charge inspects the site every day. The shielded room and measurement room have uninterruptible power supply systems in case of power outage, and the equipment related to the generation of standard time (the cesium atomic clocks, the AOG, and the distribution amplifier) are further backed up using DC batteries.

UTC(CRL) is regularly compared with the time scale generated by organizations abroad using the GPS common-view method and the two-way satellite time and frequency transfer method. These time comparison data and the

time difference data between the clocks measured at 0 h UTC every 5 days (on dates that end with 4 or 9) are sent to the BIPM and are used for the calculation of TAI. The BIPM publishes the time difference of UTC-UTC(k) (where k designates the relevant organization) every month (in the Circular-T report). Based on this value, UTC(CRL) is adjusted such that the time difference relative to UTC is within 50 ns. This is not an automatic adjustment, but is performed manually by the person in charge as required. A problem had been noted in the large fluctuation caused by the removal of the component clocks used in computing average time scale, but now, this problem has been resolved, and the improved average time calculation program is in operation within the stand-by system. (See Article 5-1 of this special issue.)

4 New standard time generation and measurement system

It was decided that the standard time generation and measurement system should be transferred to a new building due to the deteriorated condition of the present building. The new building is to be completed at the end of 2003 and the system will be transferred within fiscal 2004. It has also been decided that the system itself should be renovated on the occasion of this transfer. The goals of the new system are to achieve frequency stability of approximately 2×10^{-15} per 30 days, and a synchronization within 10 ns of UTC. Fig.3 shows the planned configuration of the new standard time generation and measurement system. It is basically similar to the current system, as it is also based on the configuration discussed in Section 2.1. Below we will describe the outline of the system, focusing on the changes from the current system and the points to be noted in system construction.

(1) Hydrogen masers for the standard time master oscillator

The master oscillators at UTC(CRL) will be changed from cesium atomic clocks to hydrogen masers, with the aim of increasing

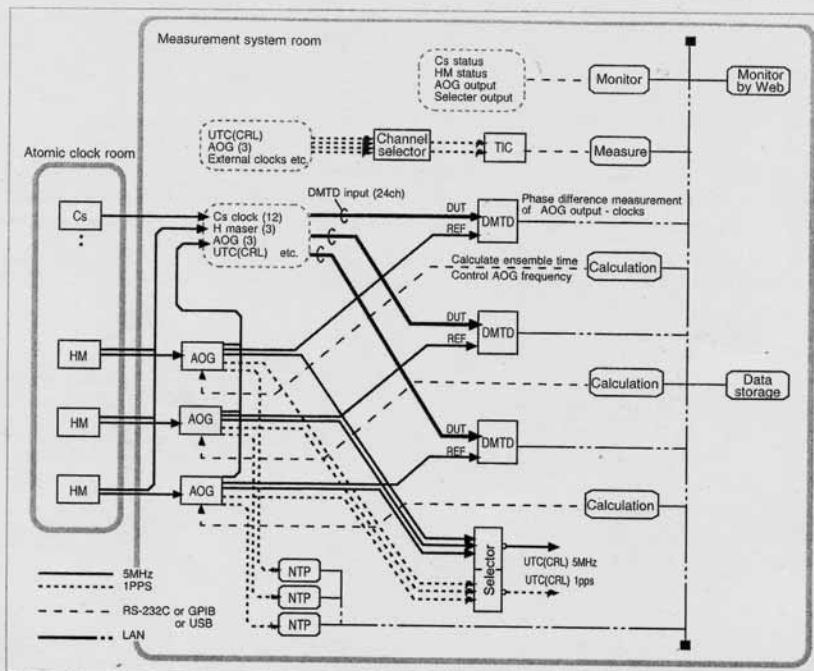


Fig.3 New system for generating and measurement of JST (5th generation). Cs: Cesium atomic clock, HM: Hydrogen maser, TIC: Time Interval counter

short-term stability. Fig.4 shows the stability of various atomic clocks[2]. For $\tau=5$ days (4×10^5 s) or shorter, the stability of hydrogen masers is superior to that of commercial cesium atomic clocks. However, the stability of cesium clocks is higher over longer periods; thus, we will switch reference atomic clocks according to the interval τ in order to realize a more stable time scale: the hydrogen masers will be for short-term use and the cesium atomic clocks will be applied to long-term applications. Major revisions will be required in the standard time calculation and adjustment methods; development of the new algorithm is underway. The new system will consist of 12 cesium atomic clocks and 3 hydrogen masers.

(2) 5-MHz phase difference measurement using multi-channel DMTD

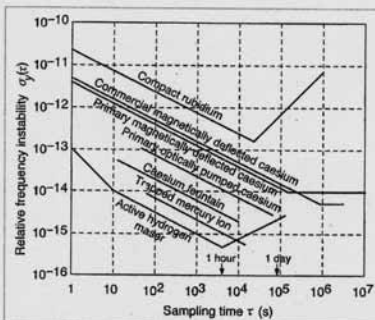


Fig.4 The frequency stability of various atomic clocks

The method of measurement of the time differences between the clocks will be changed from 1-pps phase difference measurement to 5-MHz phase difference measure-

ment. The increase in the measurement frequency is expected to improve measurement accuracy. The current measurement equipment—the time interval counter—will also be replaced by the DMTD method[3]-[5]. Accordingly, we have developed a multi-channel DMTD for simultaneous measurement of the time difference data between the clocks.

In the calculation of average time scale, time differences between clocks are treated based on the assumption that these time-difference values have been obtained simultaneously. However, this is not the case in practice, as parallel measurements are not possible under the current system. As a result, if the clocks drift during measurement, we are unable to determine clock performance with accuracy. (Currently, optimization in the measurement sequence reduces the time required to measure the time differences between clocks used in the calculation of average time scale to approximately 30 seconds; thus the error of a clock with a drift rate of 2×10^{-13} is approximately 6ps. However, this error increases in proportion to the time required for measurement.) Simultaneous measurement using multi-channel DMTD

will eliminate this problem.

Fig.5 shows the circuit diagram of the DMTD. The reference is the 5-MHz AOG signal, and the DUT (Device Under Test) input is the 5-MHz signal of each clock. Both signals are converted to 1kHz using the common local signal generated by a DDS (Direct Digital Synthesis) synthesizer prior to phase difference measurement. Measured data is output every second. Time difference data every several hours are sufficient for the calculation of average time scale, but measurement every second is required for the effective detection of abnormalities. It is possible to average the measured data 500 times per second; relative to the 1-pps one-shot measurement of the current system, measurement accuracy is expected to increase, so that system noise of 1×10^{-13} to 2×10^{-13} in $\tau = 1$ s will be able to be measured.

(3) Reinforced reliability

Within the current system, one workstation performs all functions. In the new system, improved reliability will be achieved by distributing functions among multiple PCs. By switching from workstations to PCs, the

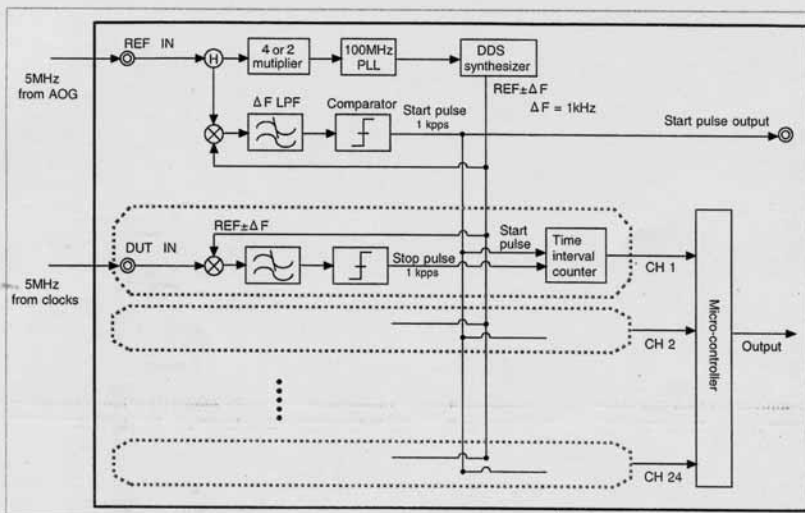


Fig.5 Block diagram of DMTD system

machine-dependent operating system can also be replaced with a versatile OS (such as Windows and Linux), increasing the flexibility of future operations.

The main part of the system will be extended from the current dual-redundant system to a triple-redundant system. The most stable system can be selected from among the three, based on the majority rule. Three NTP server systems are also included to manage system time.

In addition to the previously implemented monitoring functions (temperature, humidity, cesium clock status, AOG status), the status of the DMTD input signal and that of the DMTD itself, the AOG output signal, and the quality of the selector output signal (UTC(CRL)) will also be monitored. Table 1 shows the major items to be monitored. The monitored items are displayed on the Web, and we can obtain nearly real-time information even at remote locations. Any abnormality in the system is displayed on the Web and reported to the person in charge via email.

Table 1 List of the main monitoring items

Status of cesium atomic clocks
Status of hydrogen masers
Status of AOG
Room temperature and humidity
Status of output signals from AOG
Status of output signals from the Selector
Status of DMTD measurements

(4) Continuity of UTC (CRL) at system switching

When multiplexing systems, care must be taken with the continuity of data at switching. In the current system, System A and System B each calculates average time scale using its own independent measurement data. In this case, even though the clocks that supply the data for calculation may be the same, the measurement equipment is different, and the measurement data and the calculation results

are thus different. In other words, in the current system, the continuity of UTC(CRL) is interrupted when the UTC(CRL) output is switched from System A to System B. Under the new system, one set of data is selected from the three sets of data measured by the three systems, and all three systems use this set of data in the calculation of average time scale. Therefore, the continuity of UTC(CRL) is maintained in principle even when switching between systems.

(5) Automatic trace of UTC

In the current system, the person in charge manually adjusts the time difference between UTC and UTC(CRL). In the new system, automatic adjustment will be implemented to achieve synchronization within 10 ns of UTC (with the goal of achieving an eventual margin of 1 to 2 ns). As the UTC-UTC(CRL) time difference is reported by the BIPM only monthly, improved accuracy must be achieved by increasing the stability of UTC(CRL) and by predicting fluctuations. To this end we are conducting studies to investigate these issues in the context of the development of the new algorithm.

5 Summary

The generation and measurement system that supports JST, long maintained by the CRL, must satisfy various conditions: for example, it should not fail, it must be easily and quickly be restored if it should fail, it must be able to be extended and improved, and must not be so complex as to constitute a "black box" of calculation. The complete dual-redundancy established in the current fourth-generation system was a means to recover from abnormalities as comprehensively and swiftly as possible with minimum treatment. On the other hand, the computer configuration of the fifth generation system (the new system) is the result of considerations relating to future reliability and flexibility, both in terms of hardware and software.

It is also an important challenge to determine the extent to which the system should be

automated. The evaluation and handling of abnormalities is difficult and we must determine how far we can trust the machines to evaluate and judge the various situations that may arise. For example, it has been determined that a person should make any final judgments under the new system as to whether output should be switched upon the occurrence of abnormal events; this is another example of a decision to prioritize reliability.

The current fourth-generation system follows the methods used in the third-generation system, with the exception of several improvements, such as the introduction of redundancy in the system. Relative to these changes, the

new fifth-generation system will incorporate major modifications, such as the introduction of hydrogen masers, whose characteristics differ from those of cesium atomic clocks, measurement using the newly developed multi-channel DMTD, and the construction of a database all of which features may be integrated with system redundancy. Naturally, many tests will be conducted—including testing to evaluate continuity with the current system—before the new system is put to use.

Finally, we would like to note that the quality of JST has also in a large part been maintained thanks to the continuous efforts of the many individuals involved.

References

- 1 M. Aida, "Automatic processing system for standard time-signal generation and data publication", Review of the CRL, Vol.45, No.1, pp.51-58, 1999.
- 2 Audoin, C. and Guinot, B., "The Measurement of Time", Cambridge University Press, pp.148, 2001.
- 3 B. Komiya, "SYUJHASJU TO JIKAN NO KEISOKUHOU", Review of the RRL, Vol.29, No.149, pp.39-53, 1983. (in Japanese)
- 4 Allan, D. W., "The measurement of frequency and frequency stability of precision oscillators", NBS Tech. Note 669, May 1975.
- 5 Allan, D. W. and Daams, H., "Picosecond time difference measurement system", Proc. 29th Annu.Symp. Frequency Control, pp.404-411, may 1975.



HANADO Yuko

Senior Researcher, Time and Frequency Measurements Group, Applied Research and Standards Division

Millisecond Pulsar Timing Measurements, Algorithm of Ensemble Atomic Time

E-mail; yuko@crl.go.jp



IMAE Michio

Leader, Time and Frequency Measurements Group, Applied Research and Standards Division

Frequency Standards

E-mail; imae@crl.go.jp



KURIHARA Noriyuki

Leader, Japan Standard Time Group, Applied Research and Standards Division

Time and Frequency Standards, Space Measurement

E-mail; kurihara@crl.go.jp



HOSOKAWA Mizuhiko, Ph. D.

Leader, Atomic Frequency Standards Group, Applied Research and Standards Division

Atomic Frequency Standards, Space Time Measurements

E-mail; hosokawa@crl.go.jp



AIDA Masanori
Senior Researcher, Research Planning
Office, Strategic Planning Division
Frequency and Time Standards
E-mail; aida@crl.go.jp



IMAMURA Kuniyasu
Senior Researcher, Japan Standard
Time Group, Applied Research and
Standards Division
Time and Frequency Standards
kei@nict.go.jp



KOTAKE Noboru
Researcher, Japan Standard Time
Group, Applied Research and Stan-
dards Division
Time and Frequency Standard
E-mail; kotake@crl.go.jp



ITO Hiroyuki, Ph. D.
Researcher, Atomic Frequency Stan-
dards Group, Applied Research and
Standards Division
Atomic Frequency Standards
E-mail; hito@crl.go.jp

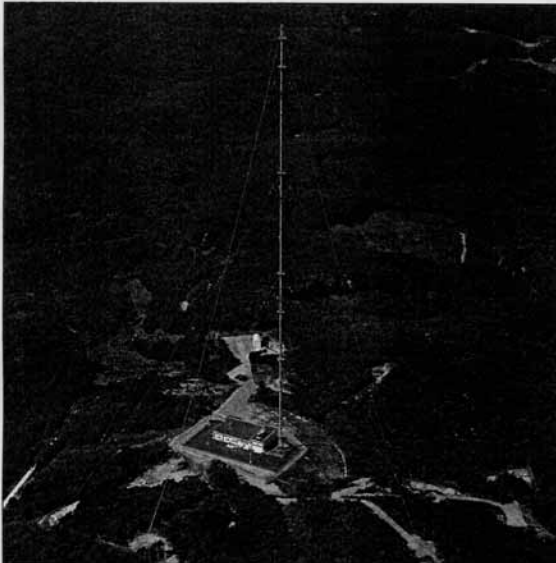


SUZUYAMA Tomonari, Ph. D.
Researcher, Japan Standard Time
Group, Applied Research and Stan-
dards Division
Time and Frequency Measurement
E-mail; suzuyama@crl.go.jp

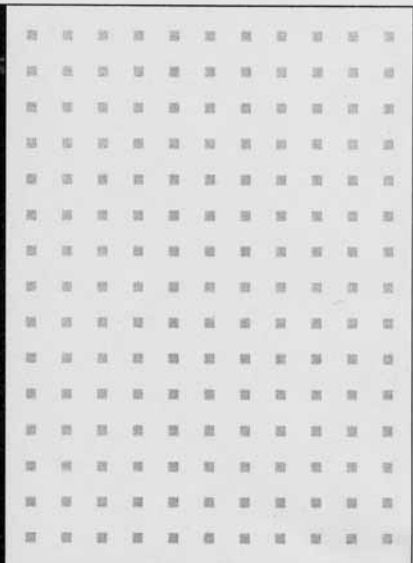
NAKAGAWA Fumimaru, Ph. D.
Research Fellow, Time and Frequency
Measurements Group, Applied Research
and Standards Division
Satellite Navigation, Satellite Time
Transfer
E-mail; fumimaru@crl.go.jp

SHIMIZU Yoshiyuki
Visiting Researcher, Japan Standard
Time Group, Applied Research and
Standards Division

長波帯標準電波施設



▲おたかどや山標準電波送信所

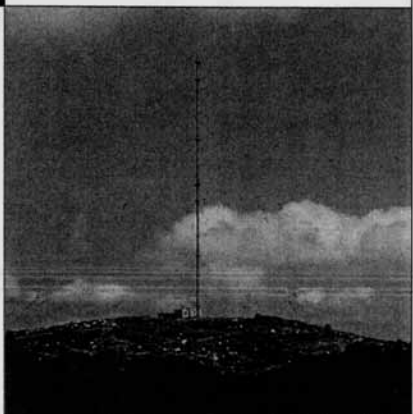


正確な日本標準時を送信します！

- 電波時計の時刻合わせ
- 放送・電話の報時サービス時刻基準

高精度な周波数基準を供給します！

- 計測器の周波数基準
- 無線機器の周波数合わせ



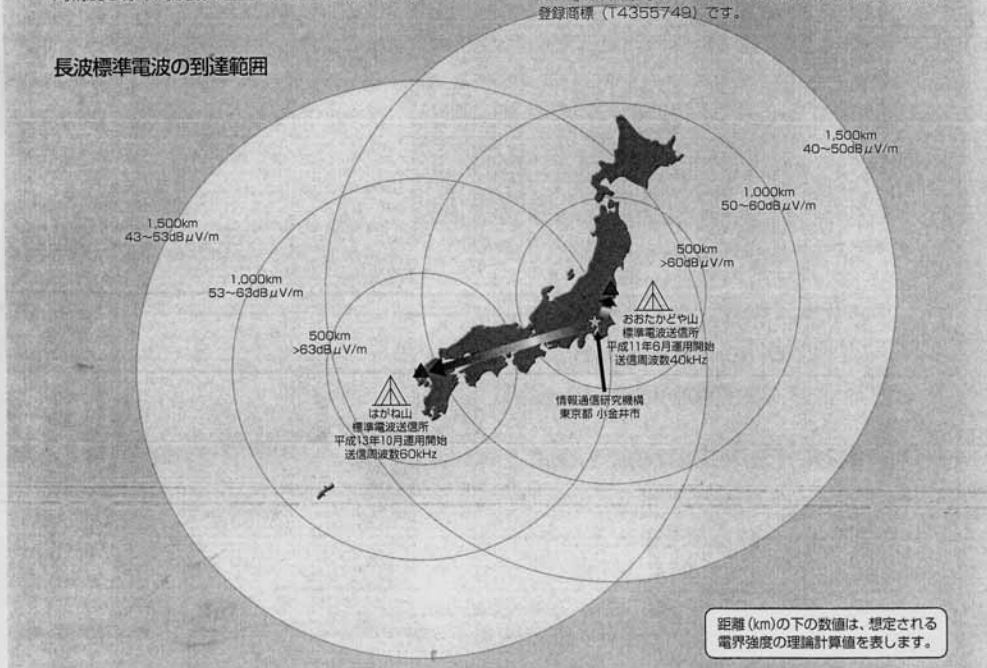
▲はがね山標準電波送信所

長波帯 標準電波 について

情報通信研究機構 (NICT: National Institute of Information and Communications Technology) は、周波数国家標準に責任を持つ日本で唯一の機関として、標準周波数と日本標準時を決定、維持しています。

標準電波 (JJY*) は、NICTが決定した標準周波数と日本標準時を日本全国に供給するための電波です。放送局や電話による時報サービスは、この標準電波を受信することによって、それぞれの親時計を日本標準時に合わせています。長波帯標準電波送信施設から送信される標準電波には、タイムコード化された時刻情報を高精度な標準周波数に重畳して送信しています。

長波標準電波の到達範囲



標準電波として送信される標準周波数および日本標準時は、NICTが維持する国家標準と高い精度で一致するよう常に保たれています。しかし、送信信号が正確であっても、受信される電波は電離層の影響などで精度が低下します。短波帯ではその影響が大きく、受信される電波の周波数精度は 1×10^{-8} 程度 (基準周波数に対する周波数変化の割合が1億分の1) となります。標準電波では、電離層の影響を受けにくい長波帯を用いており、より高精度な周波数標準としての受信が可能です。24時間の周波数比較平均値で 1×10^{-11} (同様の割合が1000億分の1) の精度を得ることができます。

最終ページに「おたかどや山標準電波送信所」および「はかね山標準電波送信所」施設の概要を記述します。

尚、標準電波は、24時間継続して送信運用を行っていますが、機器およびアンテナの保守作業や落雷対策等で一時送信を中断する場合があります。標準電波の詳細については情報通信研究機構 光・時空標準グループ 日本標準時プロジェクトまでお問い合わせください。

*「JJY」は、無線局のコールサインであり、情報通信研究機構の登録商標 (T4355749) です。

標準電波の利用法

電波時計

電波時計とは通常の時計としての機能の他に、標準電波を受信することによって表示時刻を自動修正する機能をもった時計です。

日本では、NICTの長波帯標準電波施設「おおたかどや山標準電波送信所」から送信される40kHzの電波、もしくは「はがね山標準電波送信所」から送信される60kHzの電波を受信することにより、表示時刻が日本標準時に同期されます。

高精度な周波数校正

受信した長波帯標準電波およびNICTの公表データを利用することによって、無線機器や計測装置などの

基準周波数を 10^{-11} 程度で周波数校正することが可能です。

自然観測

天体観測の時刻記録（流星、掩^{えん}べいなど）、地震計や気象観測装置の時刻合わせなどに利用されます。

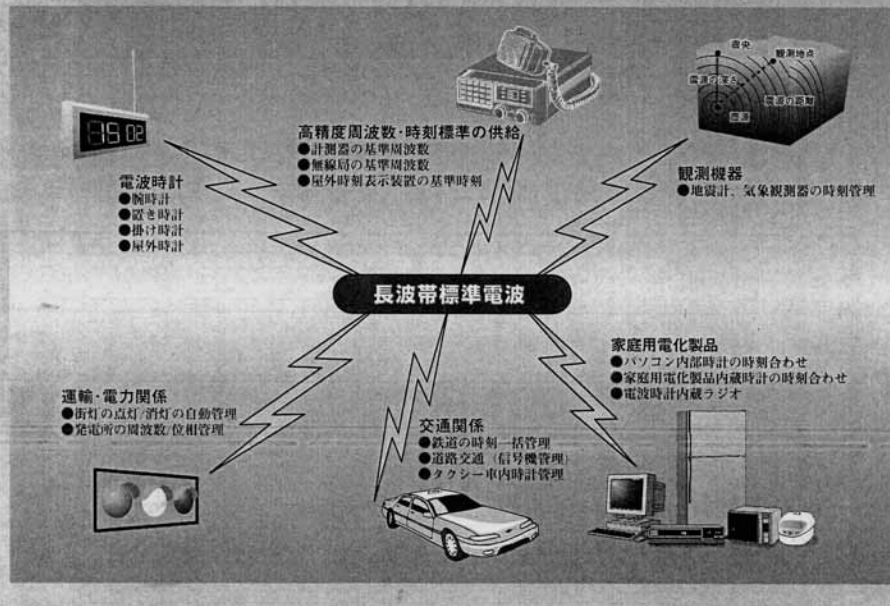
電波時計の特徴

定期的な自動受信時刻合わせ機能（製品により1日に1回から1時間に1回程度）があります。

次の受信機会までは、通常のクォーツ時計として働きます。時刻合わせ精度は、日本標準時に数ミリ秒程度の誤差で同期が可能です。あらかじめ電波を受信しやすい場所を選び、その場所に電波時計を置くと確実に時刻合わせが行えます（受信と時刻合わせに要する時間は数分程度）。

電波ノイズが発生している場所（ビルの中、車内、高圧電力線の近く、ノイズ発生が顕著な家電製品やOA機器の近く）では受信が困難なため、自動時刻合わせ機能が使用できないことがあります。

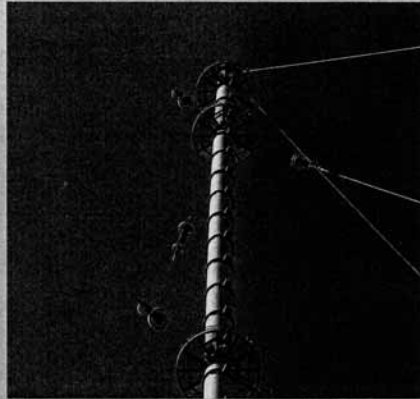
長波帯標準電波の利用分野



長波帯標準電波施設の紹介

原器室で運用される高性能なセシウム原子時計の基準信号をもとに、時刻信号管理室で標準周波数信号、時刻信号が作られます。

これらの信号は送信機で増幅されアンテナとの整合がとられたのち、アンテナから日本全国に向け標準電波として送信されます。



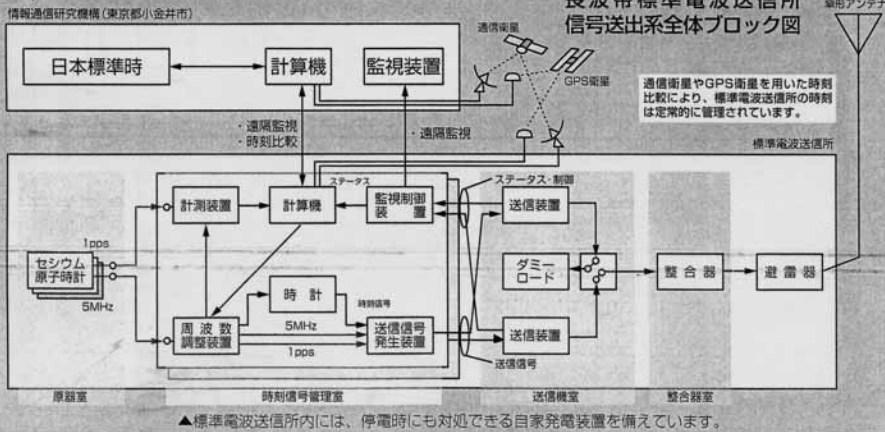
▲傘型アンテナ頂部



▲標準電波送信所局舎

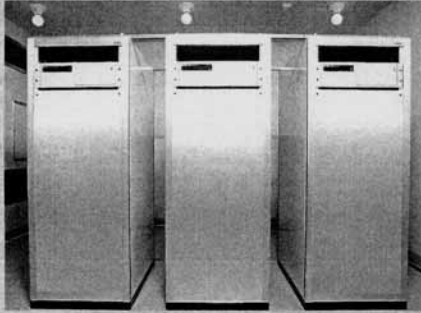


情報通信研究機構（東京都小金井市）
日本標準時を設定・維持・供給します。



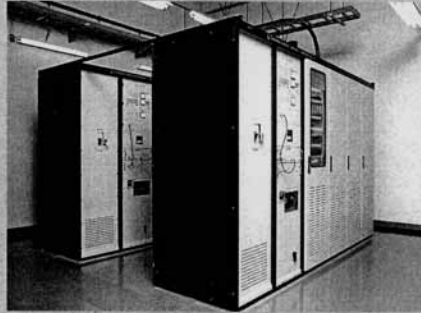
原器室

この部屋は、高性能なセシウム原子時計を安定運用するために特別設計され、室内温度・湿度の精密制御や電磁界シールド対策などが施されています。こうした工夫により、周辺環境による原子時計の変動要因がシャットアウトされます。



送信機室

送信信号を50kWに増幅する2系統（現用/予備系）の大電力送信機を備えています。機器調整や、万一の故障発生時には予備系への切替えが自動的に行われます。



時刻信号管理室

セシウム原子時計の基準信号をもとに、長波帯標準周波数信号および時刻コードを生成します。さらに、送信所施設内各種計測機器の自動制御・計測データ収集や、画像モニターなども行われます。



整合器室

送信機とアンテナとのインピーダンスの整合をとり、能率良く電波を送信するための整合器が設置されています。ここは強力な電波が通過する強電界域となるため、内壁すべてが銅板でシールドされ、送信中は人間の立ち入りができません。



長波帯標準電波で送信する時刻符号(タイムコード)

長波帯標準電波のタイムコード

長波帯標準電波のタイムコードには、時、分、通算日、年(西暦の下2桁)、曜日、うるう秒情報、時と分に対応するパリティ、停波予告情報が含まれています。このタイムコードはパルス信号レベルを100%の出力から10%の出力に切り替わるように変化させたパルス列で表わされます。パルス信号のローレベル(10%)に相当する際にも、信号が連続するため、周波数標準源としての使いやすさも損なわれないように工夫しています。

このタイムコードは主に、電波時計などの自動時刻合わせに利用されます。

2100年問題?

タイムコードは限られたビット数の中に多くの情報を収めるため、年号は西暦下2桁のみ、日付はその年の通算日のみを送信しています。2100年(400で割りきれない年)はうるう年にはなりません。このため「4年ごとにうるう年がある」と設定された電波時計では2100年をうるう年と認識してしまい、2月29日を表示します。この標準電波が100年以上続く場合、2000年以降の電波時計は、「00年はうるう年ではない」と解釈するように設計する必要があります。

タイムコードの決め方、読み方

1 タイムコードに載せられている情報

時、分、通算日、年(西暦の下2桁)、曜日、うるう秒情報、時と分に対応するパリティ、予備ビット、停波予告情報。

時、分、通算日、年(西暦の下2桁)、曜日に関しては2進数BCD(Binary Coded Decimal Notation: 2進化10進法)正論理で表します。

2 秒信号

各秒の始まりはパルス信号の立ち上がりで示されます。パルスの立ち上がりの際の55%値(10%値と100%値の中央)の時刻が標準時の1秒信号と同期しています。

3 パルス幅

マーカー(M)及びポジションマーカー(P0~P5)	パルス幅0.2s±5ms
2進の0	パルス幅0.8s±5ms
2進の1	パルス幅0.5s±5ms

4 送出間隔

1周期60秒(60ビット)のコードを毎分送出しています。

5 タイムコードの基準時刻

1周期の先頭マーカー(M)の時刻(年、通算日、時、分)を符号化して送信します。

6 マーカー(M)の位置

マーカー(M)は、正分(毎分0秒)の立ち上がりに対応します。

7 ポジションマーカー(P0~P5)の位置

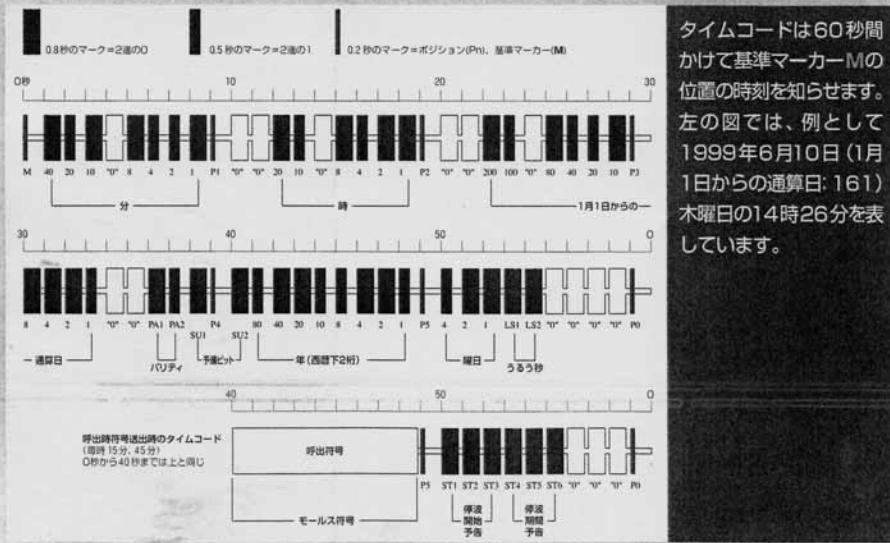
ポジションマーカーP0は、通常(非うるう秒時)は59秒の立ち上がりに対応します。ただし、うるう秒時は、正のうるう秒時(挿入)では、60秒の立ち上がり(このとき59秒は2進の0とする)に対応します。負のうるう秒時(削除)では、58秒の立ち上がりに対応します。ポジションマーカーP1~P5は、それぞれ9秒、19秒、29秒、39秒、49秒の立ち上がりに対応します。

各情報の表わし方

- (a) 時 (6ビット: 20h, 10h, 8h, 4h, 2h, 1h)
24時間制日本標準時の時を表します。
- (b) 分 (7ビット: 40m, 20m, 10m, 8m, 4m, 2m, 1m)
日本標準時の分を表します。
- (c) 通算日 (10ビット: 200d, 100d, 80d, 40d, 20d, 10d, 8d, 4d, 2d, 1d)
1月1日を1とした通算の日を表します。従って、12月31日はうるう年以外の年は365、うるう年の場合は366と表されます。
- (d) 年 (8ビット: 80y, 40y, 20y, 10y, 8y, 4y, 2y, 1y)
西暦年の下2桁を表します。
- (e) 曜日 (3ビット: 4w, 2w, 1w)
日曜～土曜を0～6に割り当てた値を表します。
- (f) うるう秒情報 (2ビット: LS1, LS2)
うるう秒は日本時間で実施月の1日9時の直前に

行われます。うるう秒情報は、実施される前月2日9時0分より、実施月の1日8時59分まで継続して表示されます。

- (g) パリティ (2ビット: PA1, PA2)
時と分の信号が正しく読み取れたかどうかを確認するための信号です。PA1は時に、PA2は分に対応し、それぞれ1ビットの偶数パリティを表します。
 $PA1 = (20h + 10h + 8h + 4h + 2h + 1h) \bmod 2$
 $PA2 = (40m + 20m + 10m + 8m + 4m + 2m + 1m) \bmod 2$
 (mod 2 は2で割ったあまりを示します。)
- (h) 予備ビット (2ビット: SU1, SU2)
将来の情報増加に備えた(夏時間情報など)予備ビットです。
当面0値を通報します。
- (i) 停波予告ビット (6ビット: ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6)
保守作業等で標準電波の停波が予定されるときは、停波予告ビットの情報で内容を表示します。なお、停波予定がない場合、これら6ビットがすべて0値となります。



長波帯 標準電波 施設の概要

おおたかどや山標準電波送信所

1. 施設の所在地

福島県田村市都路町/同双葉郡川内村境界の
大鷹鳥谷山(おおたかどややま)山頂付近
標高 約790m
北緯 37度22分21秒
東経 140度50分56秒

2. 送信施設概要

送信所名称 : 独立行政法人情報通信研究機構
おおたかどや山標準電波送信所
空中線電力 : 50kW(アンテナ効率約25%)
電波型式 : A1B
送信周波数 : 40kHz
総敷地面積 : 約88,668m²
アンテナ施設 : 地上高250m傘型アンテナ
運用 : 連続運用
(機器の保守点検、落雷対策時を除く)



はがね山標準電波送信所

1. 施設の所在地

佐賀県佐賀市富士町/福岡県前原市境界の
羽金山(はがねやま)山頂付近
標高 約900m
北緯 33度27分56秒
東経 130度10分32秒

2. 送信施設概要

送信所名称 : 独立行政法人情報通信研究機構
はがね山標準電波送信所
空中線電力 : 50kW(アンテナ効率約45%)
電波型式 : A1B
送信周波数 : 60kHz
総敷地面積 : 約115,803m²
アンテナ施設 : 地上高200m傘型アンテナ
運用 : 連続運用
(機器の保守点検、落雷対策時を除く)



NICT National Institute of
Information and
Communications
Technology

独立行政法人 情報通信研究機構 第一研究部門 新世代ネットワーク研究センター
光・時空標準グループ 日本標準時プロジェクト

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1

Tel. (042) 327-6985 Fax. (042) 327-6689 URL <http://jijy.jp/> e-mail horonet@nict.go.jp

この紙は再生紙を使用しています。

2001年9月作成
2007年6月改訂

ちようはたいひようじゆんでんばそうしんじよしせつ 長波帯標準電波送受信施設

情報通信研究機構
光・時空標準グループ
NiCT

おおたかどや山(福島県)、はがね山(福岡県/佐賀県)の各種標準電波送受信施設は、原器室にある高性能なセシウム原子時計の基準信号をもとに、時刻信号管理室で『標準周波数信号』・『時刻信号』がつくられます。これらの信号は送信機で増幅されアンテナとの整合がとられたのち、アンテナから日本全国に向けて標準電波として送信されます。

この標準電波は、数十年で1秒の誤差しか生じない『電波時計』の時刻基準源としても広く利用されています。



標準電波送信所局舎

送信所施設内には、停電時にも対処できる自家発電装置を備えています。施設内機器の監視制御は、東京都小金井市の情報通信研究機構でも可能です。



送信機室(送信機2台)

送信信号を50 kWに増幅する2系統(専用/予備)の大電力送信機を備えています。機器調整や、万一の故障発生時には予備系への切替えが自動的に行われます。



時刻信号管理室

セシウム原子時計の基準信号をもとに、標準周波数信号および時刻コードを生成します。送信所内計測装置の自動制御・データ収集や、画像モニターなども行われます。



原器室(セシウム原子時計)

この部屋は、高性能なセシウム原子時計を安定運用するために特別設計され、室内温度・湿度の精密制御や電磁界シールド対策などが施されています。こうした工夫により、周囲環境による原子時計の変動要因がシャットアウトされます。



送信機-アンテナ 整合器

電波を効率良くアンテナから送信するための整合器が設置されています。ここは強力な電波が通過するため、内壁すべてが銅板でシールドされ、送信中は人間の立ち入りができません。

時刻や標準電波に関する代表的な質問

時刻や標準電波などについて、一般的な質問・回答をいくつかご紹介します。なお、これ以外にも、詳細な質問に対する回答を日本標準時プロジェクト HP (<http://jjy.nict.go.jp/Qanda/FAQ/index.html>) で紹介していますので、ご覧ください。また、質問がある場合には、お気軽に説明員にお聞きください。

Q1 電波時計（標準電波）が受かりにくいのですが、どのようにしたらいいでしょうか？

A1 鉄筋のビル内や地下街など、電波を遮蔽する建物内では受信が困難です。鉄筋等の建物では、送信所の方向を向いた窓際でないと、受信はできないことがあります。また、電波時計の設置場所を変えて強制受信しうかつと頃を確認して使用してみてください。まだ受信できない場合は、1日1回程度電波時計を外へ出して強制的に（手動で）受信させるなどに対応してください。その他受信がしにくいところとしては、近くに、テレビ、エアコン、インバータ蛍光灯、パソコンなどのノイズ源があると受信しにくくなります。ノイズ源から電波時計をなるべく離して強制受信してください。

また、電離層による反射による影響で受信しにくくなることがあります。周りのノイズが小さくなり、受信強度が大きくなる夜間（深夜から日の出前）窓際で、強制受信または数日試して見てください。1日に1回でも正常に受信すれば、時刻の精度は十分機能を満足します。それでも受信できないときは、時計メーカーに相談してみてください。

Q2 電波時計のカーブエリアは？

A2 福島県のおおたかどや山送信所からの電波と、佐賀／福岡県境のはがね山送信所から電波を出していて、ほぼ日本全国をカバーしています。場合によっては、韓国や台湾、中国でも受信できます。中国、台湾、韓国での受信は「条件のよい時」には可能ですが、確実に受信できる保証は無いとお考えください。但し、中国や台湾など、海外で日本国内用の電波時計を使用すると、時差の補正ができないものがあるため、その国の標準時にはならないという不都合を生じることがありますのでお気をつけください。

また、米国やドイツなどの各国の標準電波と日本の標準電波では、周波数の違いの他、時刻情報を送るタイムコードが異なっており、日本の標準電波を受信するように作られた電波時計では、他国の標準電波を受信することはできません。ご購入するときにご注意ください。

Q3 標準電波の運用状況をリアルタイムに知る方法はあるのでしょうか？

A3 当機構より提供している標準電波に関する情報（グループのWebページ <http://jjy.nict.go.jp/>）にあります。送信情報は <http://jjy.nict.go.jp/i/index.htm> で、現在の状況、及び停波予定等の情報を提供しております。また、停波等の運用情報は、<http://jjy.nict.go.jp/jjy/log/index.html> で報告等を行っております。

Q4 電波時計の誤差は？

A4 電波時計の時刻の元となっているのが標準電波を作り出す「セシウム原子時計」は、1000万分の1秒程度の精度で運用されています。一方、標準電波はこの原子時計を元に送信していますが、送信機などによる信号の劣化がありますので、伝播距離を補正した場合、10万分の1秒の精度です。伝播遅延を補正しない一般の時計では、千分の数秒の誤差程度はあります。

Q5 パソコンの時計が遅れるのですが、何故なのでしょう？

A5 パソコンの時刻は、内蔵されている時計装置の精度により正確さが決まります。その元となっているのは、水晶発振子というもので、一般的なものは十万分の1程度の精度です。数日で1秒ずれることがあります。

Q6 パソコンの時計を標準時に合わせる方法は？Windows を使っていますが、しばしば日本標準時に合わせなければならず、煩わしくて仕方がありません。自動的に（パソコンの立ち上げ時に）日本標準時にアクセスして合わせられるソフトはないのでしょうか？

A6 当機構では、2005年3月31日より、NTP 事業者向けの NTP 専用線接続サービスを開始し、さらに、2006年6月12日より一般インターネット利用者向けに、公開 NTP サービスを開始しました。

具体的な利用方法については、インターネットマルチフィード株式会社の「時刻情報提供サービス for Public」(<http://www.jst.mfeed.ad.jp/>)、当機構の公開 NTP サービス (<http://www2.nict.go.jp/w/w114/stsi/PubNtp/>) のページをご参照下さい。

アナログのモデム接続環境の場合には、当機構のテレホン J J Y を利用することができます。日本標準時設定&誤差補正ソフト <http://hp.vector.co.jp/authors/VA008378/> を利用されると良いでしょう。なお各ソフト利用に関しては、当機構が管理していませんので、利用におけるトラブルに関しては、ソフトウェア制作者にお聞きください。

Q7 うるう秒の実施は？次のうるう秒はいつ実施されるのでしょうか？

A7 うるう秒は、原子の刻む正確な時刻（原子時）と地球回転による不規則な世界時との差が 0.9 秒を超えないようにして、大まかには太陽の動きにあった時刻にするための措置です。地球回転は不規則であり、長期の予測が難しいので、いつうるう秒が実施されるかについては、予測できません。世界時を正確に観測し、監視しながら必要に応じて挿入されます。

1958年から現在まで、この差は 33 秒あり、平均すると約 1.5 年に 1 秒遅くなっています。直近では、2006年1月1日にうるう秒が挿入されました。この日は1日の長さが普段より 1 秒長い 86,401 秒ありました。

Q8 お昼の 12 時は『午前 12 時』、『午後 12 時』、それとも『午後 0 時』どれが正しいのですか？

A8 法的には午前 12 時の記載しかありません。しかし、テレビ、ラジオ、新聞、電話の時報サービス等では午後零時を採用しています。また、小学校の低学年向けの教科書では、『1 日は 24 時間で、午前と午後に分け、それぞれ零時から 12 時まで』と説明されています。これに対して、市販されているデジタル時計はほとんど“PM12:00”と表示されています。これは、アナログ式の文字盤には“0”の数字がなく、1~12 までであり、これをそのままデジタル表示したためと考えられます。正午を 1 秒でも過ぎればそれは午後であり、午後零時 X X 分と表示するのが混乱を生じない表し方でしょう。これを午後 12 時と表示すると誤解の原因となります。したがって、誤解を避けるためには、標準電波のように 24 時間制を採用するのが望ましいです（外国でも、am は正午の前、pm は正午の後となっている）が、慣習もあり表記を完全に統一することは困難で、混乱や誤解が起きないように使用されていけばよいと考えられます。

Q9 時計はどうして 12 時間表示なのでしょう？

A9 一般的な話としては、多くの時計は世界的に見ても 12 時間表示を採用していますが、時刻の表記の体系は紀元前にまで遡るといわれています。12 という数字は、1, 2, 3, 4 の最小公倍数であり、分割に使いやすかったともいわれます。また、数学、天文学、占星術などを総合して使われてきたとの解釈もあります。国内においては、明治 5 年の太政官布告 337 号のなかに次のような記述があります。「一 時刻ノ儀是迄昼夜長短ニ随ヒ十二時ニ相分チ候処今後改テ時辰儀時刻屋夜平分二十四時ニ定メ子刻ヨリ午刻迄ヲ十二時二分チ午前幾時ト称シ午刻ヨリ子刻迄ヲ十二時二分チ午後幾時ト称候事」。

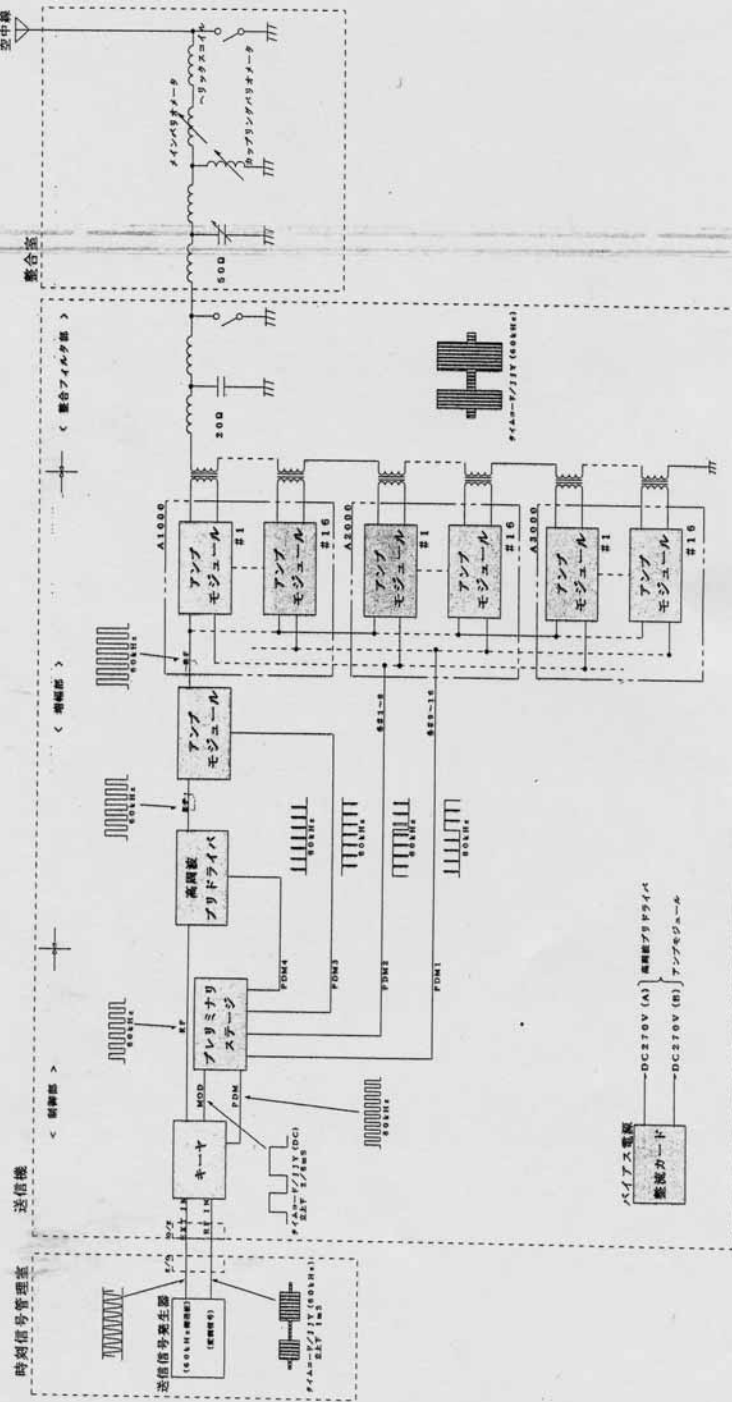
このときすでに 12 時間表示の時計が存在するわけですが、この布告で 1 日 24 時間を午前と午後の 12 時間に分けると定めています。

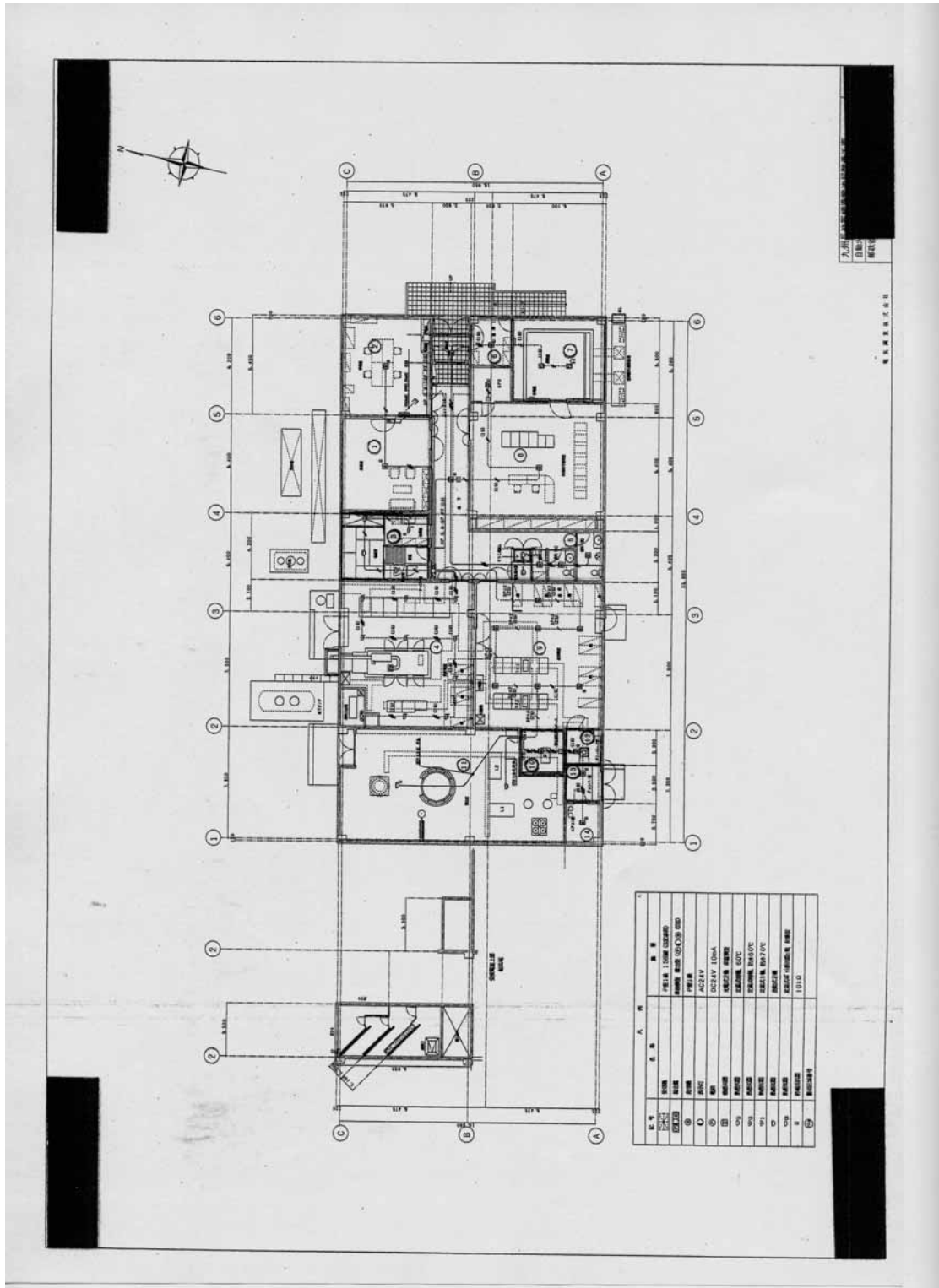
Q10 GPS の時刻はどんな時刻ですか？

A10 GPS 衛星で使われている時系は「GPS TIME」と呼ばれるもので、米国海軍天文台によって管理・維持がされており、UTC (USNO) と同期するように制御されていますが、UTC とはうるう秒の処理がされない点が異なります。

GPS TIME から UTC への変換には、GPS 衛星から送信される航法メッセージに含まれる補正値によって得られます。

2-2 RF系系統図





大甲
 建築師事務所
 建築師
 謝文彬

樓層	樓名	樓層	樓名
1F	大甲	2F	大甲
3F	大甲	4F	大甲
5F	大甲	6F	大甲
7F	大甲	8F	大甲
9F	大甲	10F	大甲
11F	大甲	12F	大甲
13F	大甲	14F	大甲
15F	大甲	16F	大甲
17F	大甲	18F	大甲
19F	大甲	20F	大甲
21F	大甲	22F	大甲
23F	大甲	24F	大甲
25F	大甲	26F	大甲
27F	大甲	28F	大甲
29F	大甲	30F	大甲
31F	大甲	32F	大甲
33F	大甲	34F	大甲
35F	大甲	36F	大甲
37F	大甲	38F	大甲
39F	大甲	40F	大甲
41F	大甲	42F	大甲
43F	大甲	44F	大甲
45F	大甲	46F	大甲
47F	大甲	48F	大甲
49F	大甲	50F	大甲
51F	大甲	52F	大甲
53F	大甲	54F	大甲
55F	大甲	56F	大甲
57F	大甲	58F	大甲
59F	大甲	60F	大甲
61F	大甲	62F	大甲
63F	大甲	64F	大甲
65F	大甲	66F	大甲
67F	大甲	68F	大甲
69F	大甲	70F	大甲
71F	大甲	72F	大甲
73F	大甲	74F	大甲
75F	大甲	76F	大甲
77F	大甲	78F	大甲
79F	大甲	80F	大甲
81F	大甲	82F	大甲
83F	大甲	84F	大甲
85F	大甲	86F	大甲
87F	大甲	88F	大甲
89F	大甲	90F	大甲
91F	大甲	92F	大甲
93F	大甲	94F	大甲
95F	大甲	96F	大甲
97F	大甲	98F	大甲
99F	大甲	100F	大甲

低頻硬體設備簡表

No.	Work Item
1	Building Construction
	including
	Temporary work
	Foundation work for each facilities
	Reinforcing and Forming
	Building Construction
	Painting work
	Waterproofing work
	Interior finish work
	Shielding work etc.
	Foundation work for antenna tower
	Radial earth and grounding work etc.
2	Electrical Facility Installation
	including
	Lighting Facilities
	Power equipment <i>to kwkw</i>
	Private electric generator
	Power receiving facility
	Telephone line
	TV set
	GPS antenna
	Fire alarm system
	Power distribution installation etc.
3	Mechanical Appliance Installation
	including
	Air conditioning system
	Ventilation system
	Sanitary fixture facility
	Water supply and discharge system
	Septic tank facilities
	Lubrication facility etc.
4	Antenna Tower Installation
	including
	Tower fabrication
	Tower installation
	Anchor materials
	Guy wires and antenna elements etc.
	Obstruction light system etc.
5	Transmitters and Related Equipments Installation
	including
	Transmitters
	Antenna Tuning Unit
	Control and monitoring instruments
	Insulators
	Related equipments
	Measuring Equipments for maintenance
	Spare Parts etc.

5-3 JJY, The National Standard on Time and Frequency in Japan

KURIHARA Noriyuki

The Communications Research Laboratory (CRL) determines the national standard time and frequency in Japan, which is disseminated throughout Japan by the LF standard-time and frequency-signal emission, JJY. JJY is utilized as reference signal of radio controlled watches and clocks which have now come into wide use rapidly, and is being recognized as a social infrastructure which supports the people's living in Japan. In this paper, the followings are introduced: JJY facilities with dual operation system, and future utilization and development of JJY.

Keywords

Frequency standard, Japan standard time, Standard-time and frequency-signal emission, Radio controlled clock

1 Introduction

As the nation's sole agency responsible for Japan's frequency standard, the Communications Research Laboratory (CRL) produces the national standard frequency and Japan Standard Time, and disseminates these signals nationwide via LF standard-time and frequency-signal emission (JJY-LF). JJY-LF is used as a reference signal for a growing number of radio-controlled clocks and has been recognized to be a part of the national infrastructure. JJY-LF was formally operated in June 1999, with the Ohtakadoya-yama LF station (located at the top of Mt. Ohtakodoya in Fukushima prefecture) serving as the nation's first base for JJY-LF. The Hagane-yama LF station (Kyushu LF station) then began similar operations in October 2001, resulting in a dual-station nationwide system of standard-time and frequency-signal emission.

Precise Japan Standard Time and standard frequency are expected to find applications not only in the field of radio-controlled clocks but also in the areas of home appliances, time-business applications, and precision synchronization over high-speed communications networks; in fact, a number of commercial activi-

ties have already begun in these areas. This paper will briefly describe the background of the JJY-LF, completed LF station, operational conditions, precision of the distributed JJY, and future applications.

2 Overview of standard time/frequency

Since time and frequency play an important role both in daily life and in specialized areas of science and technology, consistency is essential. Each industrialized country with advanced fields of science and technology produces and takes responsibility for its own high-precision national time/frequency standard. In Japan, the CRL (Incorporated Administrative Agency) produces, maintains, and disseminates the national standard time/frequency in accordance with the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications Establishment Law, in addition to the CRL Law. Such standard time/frequency services are widely used to calibrate in-house standards for domestic manufacturers of measurement devices and communications devices, in the TV/radio time-announcement applications that provide

time to the general public, or in NTT's 117 time service.

CRL's Standard time/frequency services work consists of the following three factors:

- ① Generation and maintenance of standard time and frequency
- ② International comparison of standard time and frequency
- ③ Dissemination of standard time and frequency

As for the first factor, it is essential to generate a national standard time and frequency that is sufficiently accurate and precise, and to maintain this standard with a high degree of stability. The CRL generates Japan Standard Time and frequency by using 12 Cs commercial frequency standards.

In terms of the second factor, it is of importance to ensure consistency among each country's national standards, therefore, the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)^[1] works with the standards authorities of each country to compare standards, via stationary satellites (two-way satellite time and frequency transfer: TWSTFT) and/or GPS. The results are then used to determine Coordinated Universal Time (UTC) and International Atomic Time (TAI). The CRL, appointed by the BIPM as a node station in the Asia-Pacific area of the international precise time transfer network, plays a crucial role^[2] within this framework.

In terms of the third factor, some ways of dissemination according to the required accuracy must be prepared, so that the national standard may be put to wide public use.

The CRL disseminates Japan Standard Time and standard frequency to society through various methods, including LF standard-time and frequency-signal emission (JJY-LF, as the most popular ways, as described in detail below) and telephone networks.

3 Overview of LF standard-time and frequency-signal emission (JJY-LF)

3.1 History of the JJY-LF

Dissemination of the JJY began on January 30, 1940, in an effort to broadcast a standard frequency to domestic radio stations and broadcast stations. Later, beginning in August 1948, a time code was added to the JJY. This time code has been used as a reference for TV/radio time announcement services and NTT's 117 service, and has already been established in our civic life in Japan. The JJY has thus served as Japan's basis of time for more than half a century, throughout the post-war years.

At first, the standard-time and frequency-signal emission (JJY) was broadcast in the shortwave (HF) band. However, since the HF radio path depends heavily on ionospheric conditions, the use of HF raises various issues, including unstable signal receiving, insufficient frequency precision, and jamming. To solve these problems, in 1993 a committee was established inside the CRL to discuss the future standard-signal distribution policy and to conduct a comprehensive review by using questionnaires and similar means of the conventional signal dissemination regime, which relied primarily on HF standard-time and frequency-signal emission (JJY-HF). As a result, the future shape of the standard-time and frequency-signal emission was clarified; specifically, the use of an LF standard-time and frequency-signal emission (JJY-LF) was proposed to ensure appropriate precision.

After a series of efforts to realize this new broadcasting regime, construction of the Ohtakadoya-yama LF station^[3] (Fukushima prefecture) began in FY 1997, and the JJY-LF began formal operation on June 10 (Time Day), 1999. With the support of the Ohtakadoya-yama LF station, the use of radio-controlled clocks or watches has grown rapidly ever since. In light of the growing role of the JJY-LF in society and in view of the CRL's continuing responsibilities as the national standard organization, in 1999, construction began on a second JJY-LF station in Hagane-yama (Mt. Hagane), located at the boundary between Saga and Fukuoka prefectures. On October 1, 2001, two years later, the facility was com-

pleted and was in operation.

Fig.1 presents an overview of the Ohtakadoya-yama LF station, and Fig.2 shows the transmission antenna of 200-m in height installed at the Hagane-yama LF station.

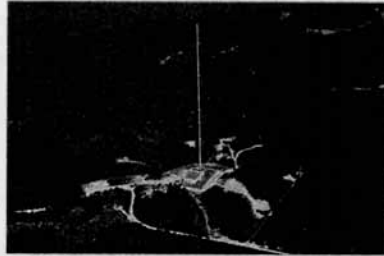


Fig.1 Overview of the Ohtakadoya-yama LF station



Fig.2 Transmission antenna of 200-m in height (Hagane-yama LF station)

3.2 Establishment of a dual-station regime

To ensure higher reliability in broadcasting JJY-LF, it is essential to minimize service interruptions, to make the broadcast standard available nationwide, and to transmit the correct code. Although the first JJY-LF station

was provided with double or even triple redundancy in its main systems and was equipped with a local power generator to ensure continuous operation, service interrup-

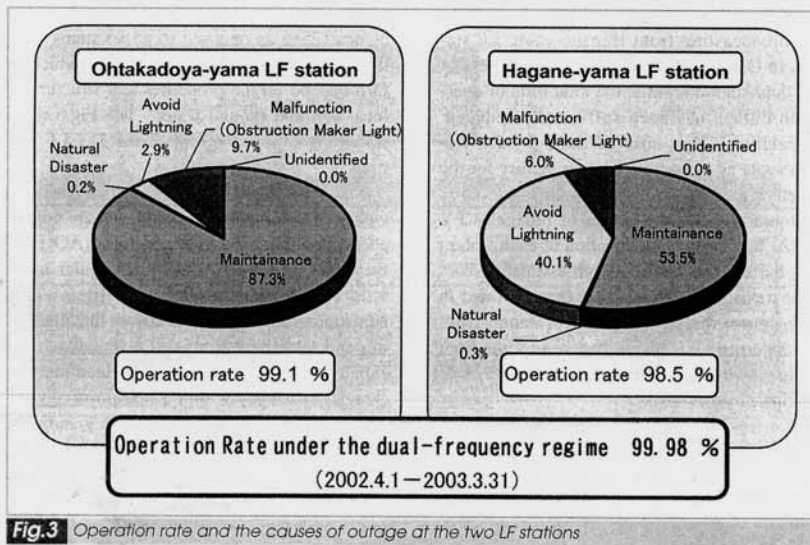


Fig.3 Operation rate and the causes of outage at the two LF stations

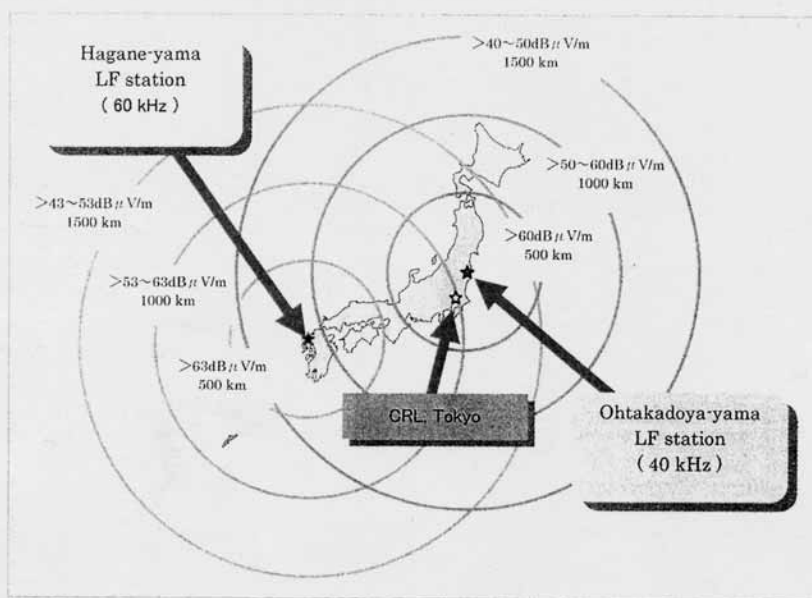


Fig.4 Locations of the JJY-LF stations and estimated strength of JJY, $\mu\text{V}/\text{m}$

tion time totaled approximately 81 hours in FY 2001, due to regular maintenance and to natural disasters. However, with the start of the broadcasting from Hagane-yama LF station in October 2001 and the establishment of the dual-station regime, the total time of operation outage has been sufficiently reduced. Reliability is thus ensured through each station's role as a potential backup facility for the other. Fig.3 illustrates each station's operation rate and presents the causes of outage in FY 2002. Fig.4 shows the location of each station and the electric field strength estimated from their transmission power. As demonstrated in this figure, the entire nation of Japan from Hokkaido to Okinawa is covered by the both stations, with the strength of 50 to 60 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ available everywhere.

3.3 Station description of JJY

Table 1 shows the characteristics of each JJY-LF stations. The stations broadcast on different frequencies (40kHz and 60kHz) to

avoid frequency interference, which would make the receiving intensity lower in certain areas. The large difference in antenna efficiency (25% as opposed to 45%) stems from the different grounding efficiencies, which in turn depend on the properties and structure of local soil and ground water. The Fig.5 illustrates the block diagram of the JJY-LF stations.

The broadcasting signals of the Cs atomic clocks placed in the standard room are adjusted by an auxiliary output generator (AOG) by the common view method^[4] at regular intervals via GPS/GLONASS satellites. This adjustment is performed to ensure that the timing and frequency from the clocks match the Japan Standard Time of CRL Headquarters (Koganei, Tokyo) within a margin of several nanoseconds. The carrier frequency and time code to be broadcast as the JJY-LF are generated based on the 5-MHz and 1-PPS signals output from the AOG, sent to a 50-kW transmitter, and then emitted from the antenna via

the impedance matching facility room. With the exception of the matching device and other parts downstream of this, the system features double redundancy (triple redundancy for the Cs atomic clocks) to ensure maximum reliability. Each station has a 275-kVA independent power generator and a 4,000-liter underground fuel tank. The independent power generator is automatically activated in case of commercial power failure and can supply power for as long as approximately one week.

3.4 Time code format

Fig.6 shows the time code format that the JJY-LF broadcasts. The zero-second time (year, number of elapsed days from January 1, hour, and minute), day of the week, leap second data, parity, and service interruption schedule are provided every minute. Fig.6 shows 14:26, June 10, 1999, as an example. Each second signal is coded by pulse width modulation of the 40-kHz (or 60-kHz) carrier. A pulse width of 0.8 sec corresponds to binary 0, while 0.5 sec corresponds to binary 1. In addition, a pulse width of 0.2 sec corresponds to both the reference marker to indicate the start position of a minute and the position marker. Position marker P0 is sent at the rising edge of the 59th second in normal minutes. Meanwhile, P0 is sent at the rising edge of the 60th second when the leap-second is inserted (positive leap seconds) and the 59th second corresponds to a binary 0; or P0 is sent at the rising edge of the 58th second when the leap-second is removed (negative leap seconds).

Because the JJY is also used as a standard frequency source, the amplitude of modulated signals is varied between 100% and 10%, not

Table 1 Characteristics of the JJY-LF stations

	Ohtakadoya-yama LF station	Hagaze-yama LF station
Running date	10 th of June, 1999	1 st of October, 2001
Approximate Location	Fukushima pref.	Saga/Fukuoka pref.
Latitude	N 37° 22'	N 33° 28'
Longitude	E 140° 51'	E 130° 10'
Land height of the station	790m	900m
Type of antenna	Omi-directional	same as left
Antenna height	250m	200m
Transmission power	50kW	50kW
Antenna efficiency	more than 25% or above	more than 45% or above
Carrier frequency	40kHz	60kHz
MODE	A1B	A1B
Frequency uncertainty	$\pm 1 \times 10^{-11}$	$\pm 1 \times 10^{-11}$

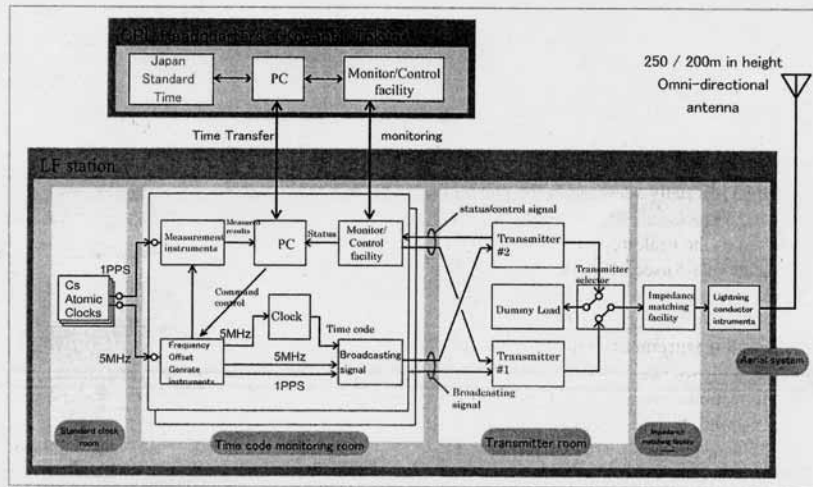


Fig.5 A block diagram of the JJY-LF station

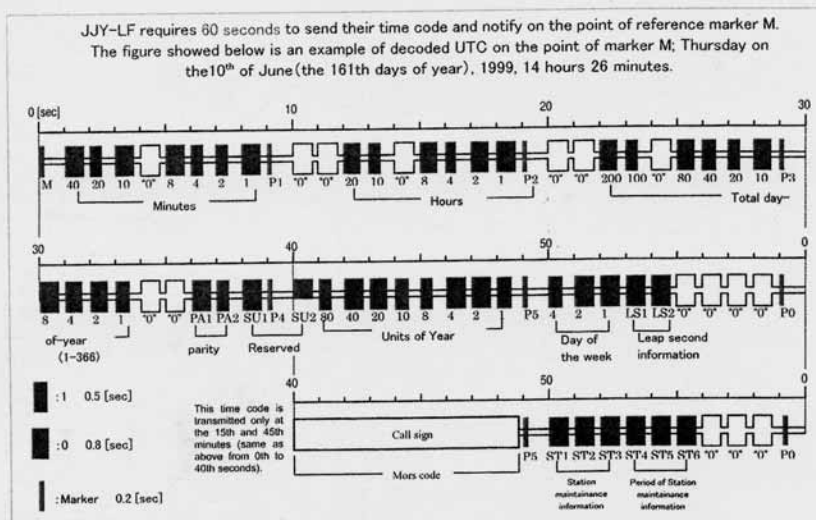


Fig.6 JJY-LF time code format

0%, so that the 40-kHz (or 60-kHz) carrier continues, not to be interrupted.

4 Precision of the broadcast standard time/frequency

Broadcast JJY from the LF stations are received at the CRL Headquarters of Koganei, Tokyo, and disclose the measured results of received phase variation on its homepage (<http://jjy.crl.go.jp/Pub/public.html>). Fig.7 shows its graph from May 10 to 24, 2002. It shows the clear daily variation in the graph of the received phase.

However, the peak-to-peak variation in the phase is about $1.5 \mu\text{sec}$. But, in particular, the received phase is more stable during the daytime, with a variation of about $0.3 \mu\text{sec}$.

These measurement results imply that even LF radio waves are affected by ionospheric reflection at night. Fig.8 shows the frequency stability of received JJY-LF calculated from the data in Fig.7. The daily frequency stability after averaging is about 1×10^{-11} , whereas this value improves by one order of

magnitude, to 1×10^{-12} , during the daytime, when the received phase is more stable over one day. The example in the figure illustrates

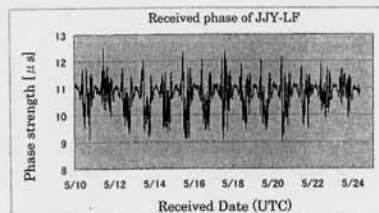


Fig.7 Received phase variation of JJY-LF (40 kHz)

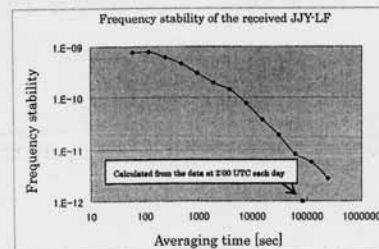


Fig.8 Frequency stability of received JJY-LF

a value of calculated frequency stability for only the 2:00:00 UTC (JST 11:00:00) data each day (averaging time of one day).

5 Use of the JJY

As of the end of January 2001, approximately two million radio-controlled JJY-LF clocks and watches had been sold in Japan. Subsequently, new functions such as automatic time correction gained wide attention, while the downward trend in prices continues to accelerate the spread of JJY-LF applications. By December 2002, the domestic market comprised 10 million radio sets. Today it is clear that a new market for radio-controlled JJY-LF clocks and watches is emerging in Japan, a market easily worth several hundred million yen. Fig.9 illustrates the yearly domestic mar-

ket growth of radio-controlled JJY-LF clocks and watches. Furthermore, the JJY-LF is meeting with a wide range of applications: as the time source of taxi meters, time recorders, and personal computers, to control time in earthquake/weather observation devices, for blinking synchronization control for road signs, and for display panels in JR railway stations in Japan.

Meanwhile, the JJY-LF has been used as a precise frequency source, and in fact many major receiver manufacturers have begun to market highly stable frequency oscillators receiving the JJY-LF, as well as receivers capable of synchronization with the JJY-LF.

In addition, the JJY-LF is expected to be used in the internal clocks of home appliances and as a tool to establish traceability to the national standard authority (CRL).

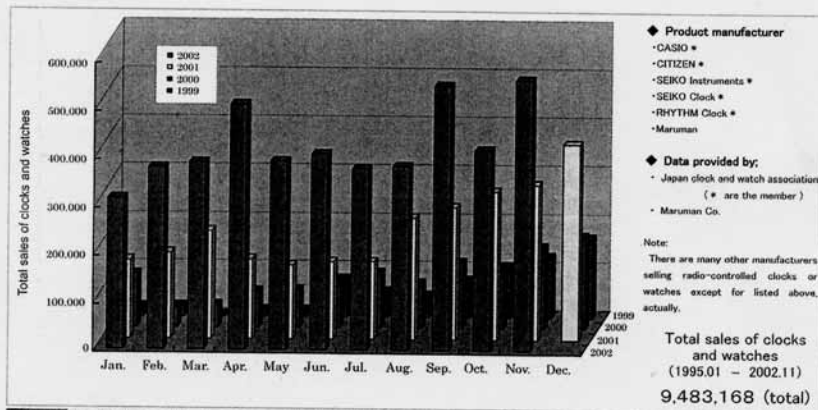
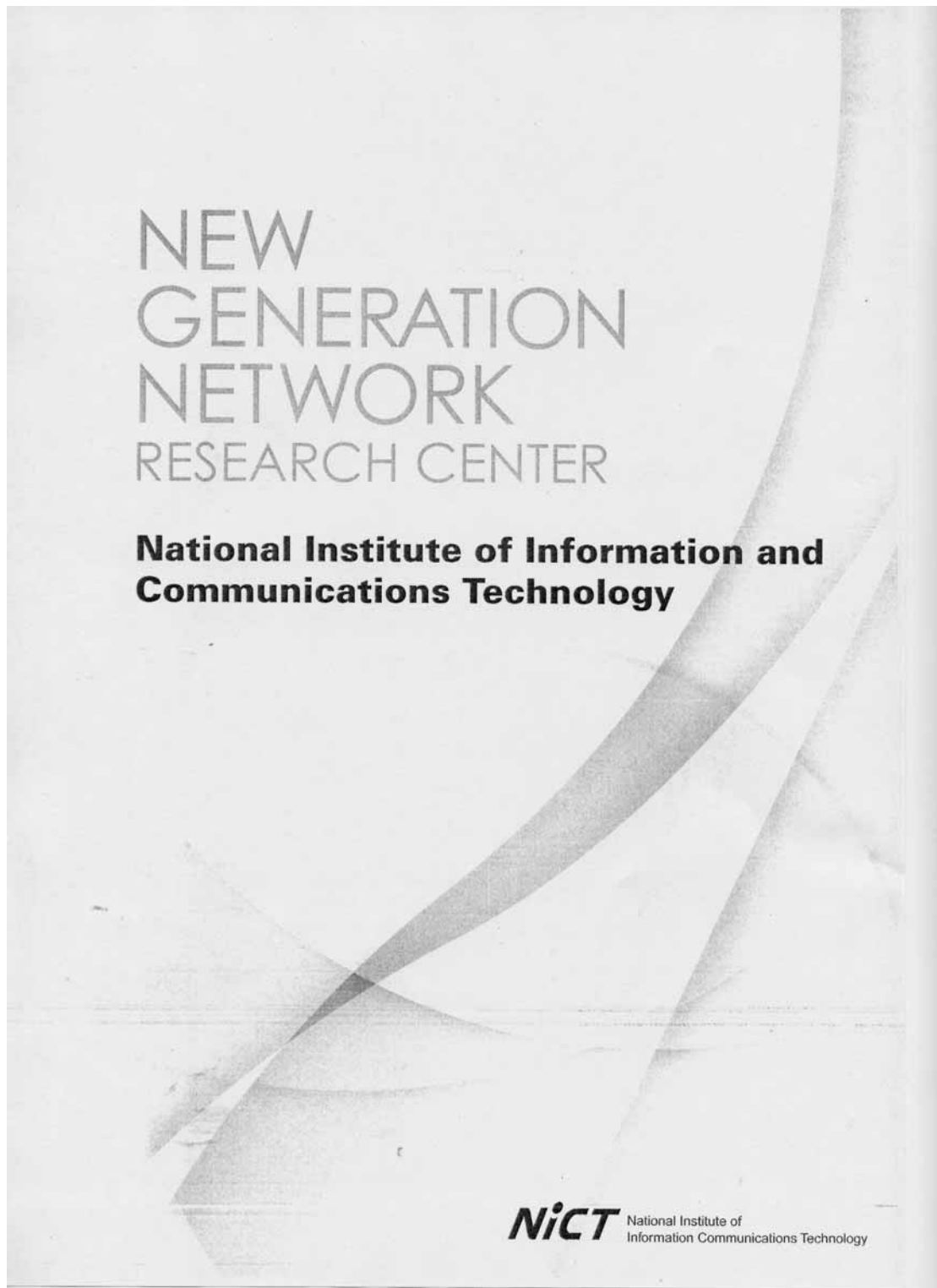


Fig.9 Market growth of radio-controlled JJY-LF clocks and watches (1995.01 to 2002.11)

References

- 1 <http://www1.bipm.org/en/bipm/>
- 2 BIPM, "ual Report of the BIPM Time Section", Vol. 15, 2002.
- 3 M. Imae, M. Igarashi, T. Miki, M. Hosokawa, Y. Hanado, K. Imamura, and A. Otsuka, "Construction of New LF Standard Time and Frequency stations", Review of the Communications Research Laboratory, Vol. 45, Nos.1/2, pp.73-82, Mar/Jun., 1999.
- 4 D. W. Allan and C. Thomas, "Technical Directive for Standardization of GPS Time Receiver Software(International Reports)", Metrologia, 31, pp.69-79, 1994.



Light as the core technology for a new I

Aiming for a highly reliable and user-friendly network architecture, New Generation Network Research Center conducts the research and development with the light as the core technology

The e-Japan project, which started in 2001, has rapidly spread the Internet throughout Japan in the last five years, thus exceeding its initial goal. Now Japan enjoys the most widespread broadband access in the world. Moreover, mobile Internet access is becoming increasingly widespread in Japan. The trend toward the new generation info-communications network society requires broader, enriched ubiquitous user environments. As an info-communications infrastructure, the network will require increased capacity and must be highly functional and reliable. Research and development on low-power-consumption networks is also important to help combat global warming.

Pursuing the ideal network architecture that integrates wired and wireless communications, we are developing a powerful network based on optical and other state-of-the-art technologies, such as space-time standards.

As a member of NICT, which conducts basic research and develops applications, New Generation Network Research Center, conducts original, socially useful researches in new generation network technologies to contribute to the world by achieving goals through collaboration with the academic and industrial sectors.

New Generation Network Research Center consists of four research groups and the project promotion office. The main body is located at the headquarter of NICT in Koganei Tokyo, while some researches are conducted at Kashima Space Research Center in Kashima city, Ibaraki, and Kobe Advanced ICT Research Center in Kobe city, Hyogo. Keihanna Open Research Laboratory is utilized for collaborative researches with academic and industrial

sectors. Also, we operate Photonic Device Laboratory as a test bed for the most advanced R&D on devices, and Ohtakadoyayama and Haganeyama LF Standard Time and Frequency Transmission Stations that disseminate Japan Standard Time throughout Japan.

Organization of New Generation Network Research Center

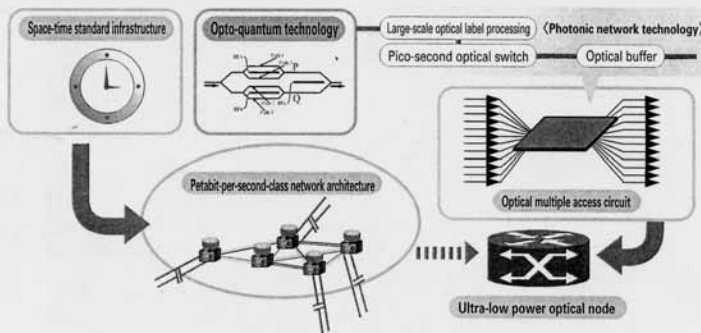


y conceived network for the world

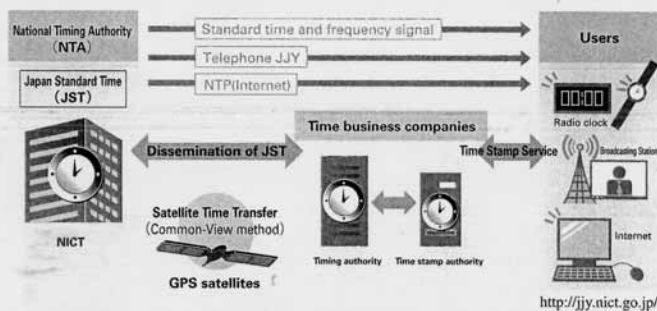
New Generation Network Research Center conducts research and development on the four innovative core technologies for the information society

- Network architecture
- Optical networks
- Opto-quantum hardware
- Space-time standards

(Until 2015, NICT will develop highly reliable large-scale, high-speed optical networks that everyone can use comfortably)



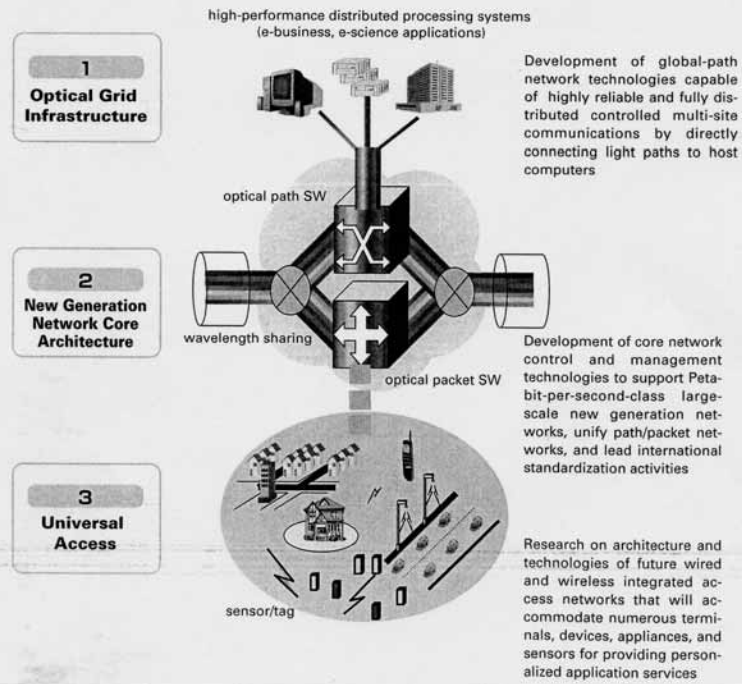
New Generation Network Research Center provides you with standard time and frequency with world-class quality.



We design networks to support future society

Network Architecture Group

We provide benefits of ICT to every user by supporting future society with a common fundamental network design based on new technologies



<http://www2.nict.go.jp/w111/index.html>

Evolution of Ultrafast Communications with End-to-End Transparent Photonic Networks

We study and develop core photonic network technologies to accommodate increased traffic demands in the future ubiquitous network society

Photonic Network

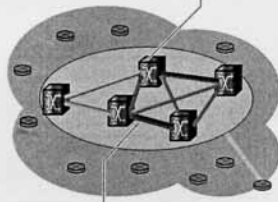
Photonic Network Group

Photonic Network System R&D

Ultrafast Optical Packet Switching System

Ultrafast signal processing and transporting for end-to-end transparent photonic networks

Ultra-large capacity photonic networks

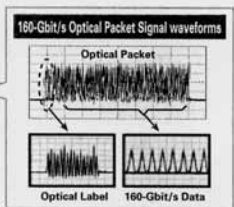


Ultra-fast Optical Communications System

- High-efficiency optical transmission systems
- Improved network flexibility and scalability
- Solution for environmental problems by reduced power consumption
- Infrastructure for ubiquitous networks



World's first prototype of Optical packet switching system with 160-Gbit/s I/O speed



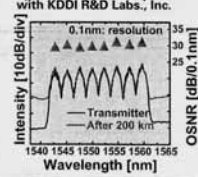
<Optical Packet Receiver >
Developed in cooperation with NTT Electronics Co.,Ltd.



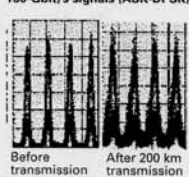
<Packet Error Measurement System ranging up to 40 Gbit/s >
Developed in cooperation with Anritsu Co.,Ltd.

Ultra-fast optical transmission experiment over 200 km on installed optical test bed of JGN II

● 1.28 Tbit/s (160 Gbit/s x 8 WDM) optical spectrum cooperated with KDDI R&D Labs., Inc.



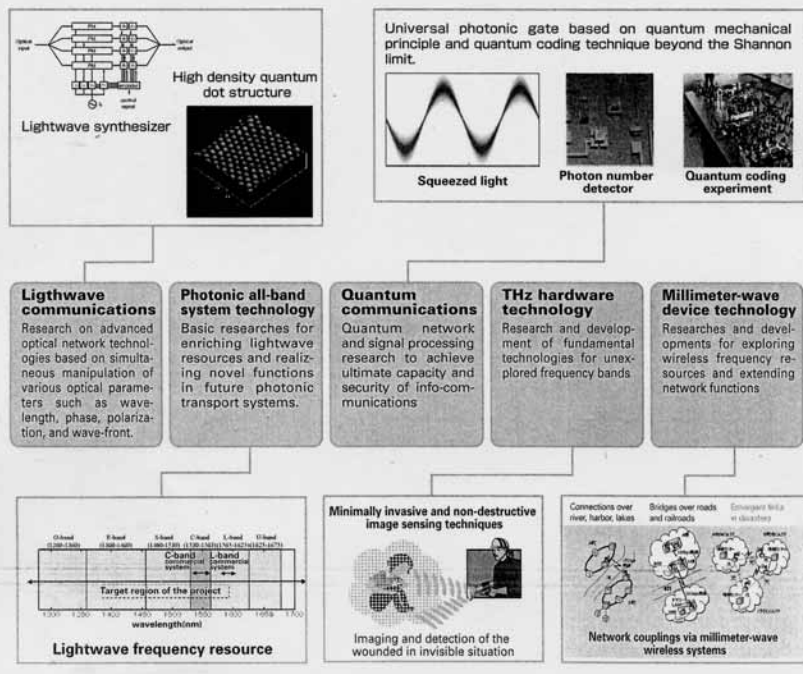
● Waveforms of multi-level 160-Gbit/s signals (ASK-DPSK)



<http://www2.nict.go.jp/w/w112/index-j.htm>

Advanced optical and wireless technologies ranging from fundamentals to applied researches aimed at network innovation

To meet demands in the future info-communications infrastructure, we are conducting innovative hardware researches on two representative network media: lightwaves and radio waves. To cultivate these media for networks of higher speed, higher reliability, and higher functionality, we are investigating their ultimate on the technological bases such as coherent lightwave modulation, quantum info-communications, Tera-hertz frequency resources, and millimeter-wave devices



<http://act.nict.go.jp/>

Convenient and universal dissemination of highly precise frequency and space-time standard

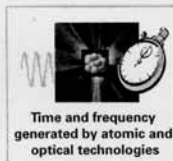
Accurate and highly reliable space-time standard is the key technology of the new generation network! NICT conducts R&D to make space-time information available anytime and anywhere for anyone in a reliable manner.



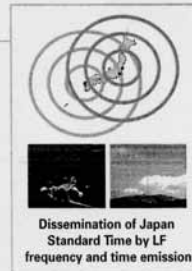
Definition of Space-time standard

Definition of time <Frequency of Cs>

Definition of Length <Velocity of light×time>



- 1 Optical frequency standard**
Aimed at world-class standard with accuracies of a few parts in 10^{14}
- 2 International comparison of space-time standard**
Comparison techniques, satellite navigation system
- 3 Space-time authentication**
Authentication of time and position, reference coordinate system
- 4 Maintenance and Dissemination of Japan Standard Time and Standard Frequency**



Ubiquitous Space-time Infrastructure

<http://www2.nict.go.jp/w/w114/index.html>

NEW GENERATION NETWORK RESEARCH CENTER



Ohtakadaya-yama LF Standard Time and Frequency Transmission Station



Haganeyama LF Standard Time and Frequency Transmission Station



Kashima Space Research Center



Headquarters (Koganei, Tokyo)



Kobe Branch

NICT National Institute of Information and Communications Technology

Research Department 1 New Generation Network Research Center

4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo 184-8795 Japan
TEL 042-327-5959 FAX 042-327-7601 e-mail NGNC_mado@ml.nict.go.jp

The inquiry about this brochure: contact the project promotion office
<http://www.nict.go.jp>

0612-20K-01(KS)