

GPSシステムを使った時間同期 インсталレーションプロジェクト2008

Installation project 2008 in the time Synchronization used GPS systems

野上 文天
NOGAMI Bunten

We (human been) beings have archived inside our own memories one blink-of-an-eye physical phenomenon to another and the relationships between one person and systems, systems and systems, one person and people. Thus, we have accumulated the grand data of time called history on the whole. Each people have developed and used various temporal measurements, such as solar calendar, in the rise and fall of each civilization as we have kept observing the heavenly bodies and found the constant cycles of their movements.

The standard calendar used by many of us today is Gregorian Calendar. There is a standard to measure and manage time accurately on earth and the length of time unit is set by electron-vibration. Also, there is a system called GPS (Global Positioning System) to measure time at arbitrary places on earth with about 24 satellites that orbit around earth, and, with a GPS receiver module, the infrastructure for anyone of us to utilize it to a certain degree has been arranged already. GPS satellites and their base stations on earth are operated under the management of the U. S. Department of Defense. All the satellites and the base stations on earth equipped with the synchronized clocks, the location of a GPS receiver module is detected by the time deviation between the GPS receiver module and the each satellites when they receive the radio wave transmitted by

the satellites.

This project, to be stated later in detail, is the installation to try to output the accurately synchronized signals from several places on earth using the systems that are available to us today. Specifically, we will build up the system to output the synchronized signal, with high accuracy, from the 5 points on earth on December 22nd of the year 2012.

Although the main focus of this project will be on this GPS system, we will develop and expand the synchronous system every year till 2012 by using the internet and the radio techniques for the infrastructure of debugging check and synchronous support. This year in 2008, we plan to take this GPS used system to India and endorse the operation, check the concept and infrastructure.

We have held the annual art exhibition series called Ten-Chi-Jin (Heaven, Earth and People) every year since 1999 on the day of and around December 22nd, and interacted with the artists of various fields. This event has been held focusing on the day to come in the future, 20121222. I am not able to write about Mayan Calendar here; it is just way beyond the capacity of this space here and myself but I am certainly excited about this moment to come, being able to experience it, stepping beyond time and space, gives me bliss. I also think that it is just beyond individual joy

but there should be something to explore inside human beings' mind that, to aim at one moment of time to come and focus my consciousness on it, it inspires me about what I should do now.

From 1999 to now on, with 5 years left till 2012, we have come about understanding how we should get along with the system now. Here, I'd like to report the outline of the project, introduction of this system itself between India and Japan, and what we did in India this time.

はじめに

過去から現在に至るまで我々は時という概念を用いてその一瞬、一瞬の物理的な出来事や、人とシステム、システムとシステム、人と人達の関係を自己内のメモリーにアーカイブし、全体としては歴史という壮大なデータを積み上げつつある。それぞれの民族の文化の勃興滅亡の中で様々な時の記述方式を見出し、進化発展させてきた。星の運行を注意深くこの地球から観察しそれらの繰り返しの中から太陽暦などの数字による（デジタル）世界を展開させてきた。

現代で主に使用されている時刻管理方式はグレゴリオ暦という太陽の動きから定められたもので、原基として電子の振動によりその単位の長さを設定する方式を用いた地上には正確な時の管理のための基準がある。またGPS（Global Positioning System）全地球測位システムという地球上を回る約24個の人工衛星により地上の任意の場所と時刻を正確に測定するシステムがあり、「GPS受信モジュール」を使用すれば誰もがそのシステムをある程度利用できるインフラが既に整っている。GPS衛星やその基幹となる基地局は米国防総省の管理のもとで行われている。それらは地球上総てのGPS衛星と地上基地局で正確な時計を持ち衛星が出す電波を地上のGPSモジュールが受信し時刻偏差よりその位置を検出確定できるものである。本プロジェクトは詳しく後述するが、これら現代で使用可能なこのシステムを使用して地球上の数箇所で極めて精度の高い同期したシグナルの出力を試みるというインсталレーションである。具体的には地球上の五ヶ所で2012年12月22日を目標にシステムを作成し、その場所と時刻で同期させた信号を出力するプロジェクトである。

GPSシステムがメインであるが、そのデバック確認や同期サポートのためのインフラにはインターネットや（アマチュア）無線などを用い、最終の五箇所同期の2012年までには毎一年ごとにシステムを開発、拡充していく。本年は（2008年）インドにこのGPSユニットシステムを持ち込み、インフラチックも含めて動作確認とコンセプトの最終確認をする予定で進めている。また1999年より12月22日をターゲットに絞った各分野のアーティスト達との展示会を行い回を重ねているが（天地人X：PIDA）それらも元々この時刻1222_2012という未来に

当来するべき時刻の一瞬を意識していたものである。マヤ暦を詳しく述べるには私の能力も時間も不足しているが、自分たちが時をこえて覗き見られる未来の一瞬にときめきを覚え、それに向かって今の自分と為すべき事を見出した喜びを託していくのは個人を越えた人の意識を探っていくものではないかと思っている。

これまで1999年より2012年を目標に動きつつあるが残りあと5回で2012年に到達するまでになっている。その中でシステムとどのように付き合うかという具体性も見え始めてきているので、ここにそのプロジェクト概要とインド日本に於けるシステムの紹介及び今回インドでの実行内容を記載させていただいたものである。

1. 時間空間と日常など

時間に関しては多様な歴史や哲学のながれから素粒子論での空間、物質も含めた展開などがあり、それらをふまえ含めた中での時（時間）についてなどはとても語るものではないが、このプロジェクトに合わせて極めて身勝手な検索、抽出をしたものを今回のスタンスにあわせて記載させていただこうと思う。哲学的、科学的な認識理解の方向とは別の切り口からのアプローチも実行作業の中で含めたい。また私事になるのだが現在参禅を二十数年している座の中の感覚、直感（脳の活動）での時間の向きに集中してみた言葉（文字）では表せ得ない世界もありその方向からも見つめてみたいとも思う。

まず「即今・只今・此処」（そっこんただいまいまここ）と言う禅的な表現があり現在空間（今）に集中してそれ以外（過去未来）はその最中意識にもかからない莫大な世界を表現している言葉がある。その状態のとき脳はどのように自分を認識しているのだろうか？重ねて言えば我々の脳は日常生活をする中、従来の仕組みの中で教育トレーニングされた活動をしているときでさえも、楽しいときは時の経過認識は早いし、苦しいときは遅く認識する。脳（意識）の活動結果がその流れを認識させる、又は実在の時間を感じているものだとしたら「即今・只今」の世界を彼（脳）はどちらから見ているのだろうか？

たとえばひとつの宇宙（世界）から考えると、時間の向きはなお区別されていないように見える。それは空間自身は上下の区別を持ないのでまったく同様である。し

かし特定の空間では観測主体の発生により上下向きが生まれてくる。それと同じように、ある時間的位相に住んだ観測主体（生物、脳）は、確率の少ない状態に向う方向を反対の方向から区別して、前者を過去、後者を未来とよびこれらが、局所的な時間の一方向性を認めはじめてくる。すなわち時間はこれらの条件下で実在してその過去、現在、未来という直線的な流れの発生が認められ、生物脳は安心してこの流れで活動することが出来る世界があらわれる。脳の活動結果ということで自分自身や世界の理解とそれらをも含めたこの「即今唯今」をその中で語れば、できることとできない不可能・不可解なことが現れ見えてくる。

不可能・不可解なことを認識したときに脳はどうあがくかというと自分の蓄積している経験を元に認知（表れている）している世界を切り刻み始める。ひとつのそのカオス（認知）を理解している各々二つに分けてから考える。少なくとも半分の片方は経験の中で理解できる可能性が高くなる。その片方に注目した脳はそれを理解しようと同じ手法でまた二つに分け、その片方を更に理解しようとする。カオスは細分してもそれらはカオスのままであるから細分して経験値の中で理解しようとしてもそれ自体は何も変わらず細分するという手法のみが残ることになる。脳の具体的な活動の中では手法と活動結果を取り違えることがあり、手法のみを一人歩きさせることになる可能性もある。

見方を変えてシステム的な理解からこの世界を見ようとしたとき、また自分たちの経験値で言い切れると仮定しつつ理解した時、その細分化作業はある値に落ち着くことになる。それは日常の中の具体的な目的を持った電子機器の制御精度の決定に似ている。家庭用冷蔵庫の温度設定を0,0001°C単位でするべきを誰も認めないからであるし、反して温度校正用の測定器はそれが絶対的な条件で求められる。

直線的に実存すると仮定した時間は設定精度も可能な限りの細分化の中でその長さが定められている。時間は地球から外部（太陽系や銀河）を観察した繰り返しの認識から年が決まり、更にそれらを細分化することで利用しやすい月や、日や、時、分、秒という単位を作り使用してきた。しかし現代ではすでにあるマクロ世界の観測結果からではなく、測定可能なミクロの世界の認識で単位を決定定義している。たとえばセシウム原子時計はセ

シウム原子にレーザーを当てて、電子の状態をそろえた後、基準（1秒と定めた）となる周波数の電波を照射し、その電子の状態が変化したところが1秒と定める。つまり「秒は、セシウム133原子基底状態の二つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の周期の91億9263万1770倍の継続時間である」と定義されている。この秒から日历年をくみたてて行くが人の日常の感覚は命の母体となつた太陽の光や、月に動かされる海水のリズムに長い間贖われたものがありこれら両極端からの距離をうまくとることで現代生活の中を動いている。

連続したものを分解し有りか無しかの数で表現する方法をデジタルといい、連続したそのものをそのまま扱う表現をアナログといったときにアナログとデジタルは上記のように両極端に位置して現れそのちょうど中間くらいが世界や時間の認識主体と脳そのものが同時にいる位置であろう。グレゴリオ暦を使って日々日常や歴史的展開を認識しながら、自分たちで決定した時間の単位でその認識を補正しながらつじつまが合う位置にいるともいえる。

座禅瞑想中の「即今唯今」は雄大な時と空間に遊ぶことが出来るが、そこから抜け出た日常の世界は、何所に位置しているかが不明できわめて不安定な世界を感じてしまう。その様な中で時に關してマヤ暦というキーワードが2000年問題のときから私の意識に入りその最終の時間が設定された時の捉え方や文化に対して興味を持たざるを得なかった。はじめにも記載したがそのデジタル的な設定に対し日常の中で具体的な行為を決めそれに向かう直線的な時間経過に共にそこまで流れていこうと決めたことにもつながっている。

そのマヤ暦の母体であるマヤ文明は中南米のジャングルの中に巨大な石で出来たピラミッドを残し9世紀から10世紀ごろ、忽然とマヤの人々が消えてしまっていて、マヤ文明だけ海、川から遠く離れたジャングルの中で発達したなど不思議な文明といわれている。また遺跡の中から出土するもので、「マヤ暦」という独特的のカレンダーを使っていたことが知られている。さらに「マヤ暦」は地球が太陽を回る一年を正確に割り出して作られ独自の世界観で運用されていたと言われている。前記までの流れから言い換えれば「即今唯今」を与えてくれた世界を縦横無尽に受け容れることで時に關して自由になっていた。すなわちマヤ文化の自由とは、直線的な時間の進行

呪縛から解放される手法をもっていたと思われる。

またマヤ暦の研究で著名なホゼ・アグエイアス博士は来日してのセミナーも含め「マヤ」と「2012年」についての世界の第一人者で積極的な活動を行い、13月の暦を提唱をされている。普段我々が使用しているカレンダーはグレゴリオ暦であるが、1年で、地球は太陽のまわりを1周し、月は地球のまわりを13周する。この太陽と月の周期をもとに作られたのが、「13の月の暦」であり、このリズムが地球に暮らものにとって一番自然に心と体に感じられるものといわれ、活動を続けている。

マヤ暦の最後に時刻がグレゴリオ暦で2012年12月22日という時刻を明確にしていてそれから先はこの文化では扱えないような印象をあたえるが、かかわり探っていく中でその流れは壮大なループの中にあるといえる。空間の中の（自己意識）一瞬はもともと直線的な中という制限をはずしたところで感じられ、記述不能で縦横無尽に動ける「即今唯今」のアナログの世界の有り様を示している。節目としての記述できるその中のポイントがそのデジタル時刻になり、時刻は更にアナログに戻っていくときに大きな繰り返しのアナログの中に入る。

私がこの時刻になぜフォーカスして動くかということは今まで述べてきたようにどちらからのアクセスも先が見えなく、ましてやここまで築き上げられてきたデジタルテクノロジーの真っ只中の現代社会で動かざるを得ないなら、そのの自己のできる限りの微細さでこのデジタル時刻の瞬間に踊りこんでみようという試みもある。

(参考)

「13の月の暦」は、グレゴリオ暦の7月26日から翌年の7月25日までを1年間として、ひと月は28日間、1年は28日×13ヶ月+「時間をはずした日」の合計365日で構成されています。したがってグレゴリオ暦の7月26日は、「13の月の暦」の元旦にあたり「磁気の月1日」となります。（うるう年の2月29日は28日と合わせて1日と考えます）

<http://www.panlibrary.org/peace-pan.html>

<http://www.panlibrary.org/>

パン・ジャパン・ライブラリー HPより

(1) 測定可能な時間

上記のバックグラウンドで動くということを前提にすればデジタル化できる最小単位は理論的に言うことが出来る。しかしテクノロジーにかかるということで日常性を無視した世界の話ではなくアクセス可能なところを考

察してみる。

秒単位の基準はセシウム原子時計の原理にあるようにセシウム原子の基底状態の二つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の周期の91億9263万1770倍の継続時間であると定義されている。すなわち基底状態の二つ遷移時間の91億9263万1770倍の継続時間が通常使う1秒であり、このシステムでは $(1 \div 91\text{億}9263\text{万}1770)$ 秒の最小単位が得られるはずである。しかし最小の時間分解を数字（デジタル）で扱おうとしてもそれ以下の細分化は出来ていないのでそれ以外のアナログ的な方法で相対的な比較で行うことになる。現在時間原基システムは光の波長を測定して行うなどどんどん微細に進化しているがいつもこの問題に遭遇することは明確である。今回のプロジェクトではここには関わらず、実質的に測定器が存在し、その範囲内のデジタルデータの中で行う。

单位

単位	単位呼名	因数	1SEC(秒)表示
Y	ヨタ	10の24乗	10000000000000000000000000000000
Z	ゼタ	10の21乗	1000000000000000000000000000000
E	エクタ	10の18乗	1000000000000000000000000
P	ペタ	10の15乗	1000000000000000
T	テラ	10の12乗	1000000000000
G	ギガ	10の9乗	100000000
M	メガ	10の6乗	100000
k	キロ	10の3乗	1000
		1	1
m	ミリ	10の-3乗	0.001
μ	マイクロ	10の-6乗	0.000001
n	ナノ	10の-9乗	0.000000001
p	ピコ	10の-12乗	0.00000000001
f	フェムト	10の-15乗	0.0000000000001
a	アト	10の-18乗	0.000000000000001
z	ゼプト	10の-21乗	0.00000000000000001
y	ヨクト	10の-24乗	0.0000000000000000000000001

表 1

時間の数量の比較

単位	単位 呼名	因数	説明
Y	ヨタ	10の24乗	
Z	ゼタ	10の21乗	
E	エクタ	10の18乗	1.54 Es 488億年 ルビジウム-87の半減期
P	ペタ	10の15乗	7.10 - 7.89 Ps 2億2500万年 - 2億5000万年 太陽系の銀河系に対する公転周期145 Ps 46億年 地球誕生からの時間
T	テラ	10の12乗	1Ts 32 000 年
G	ギガ	10の9乗	2.65 Gs 84年 3日 15.66 時間 天王星の公転周期
M	メガ	10の6乗	5.07 Ms 58日 15.5088 時間 水星の自転周期
k	キロ	10の3乗	3.6 ks 1 時間 86.164 ks 23 時間 56 分 4 秒 地球の自転周期
SEC(秒)		1	1.26 s 光が地球から月まで進む時間
m	ミリ	10の-3乗	1.7 ms 蚊が1回はばたくおよその時間
μ	マイクロ	10の-6乗	3.3 μ s 光が真空中で1キロメートル進む時間
n	ナノ	10の-9乗	3.3 ns 光が真空中で1メートル進む時間
p	ピコ	10の-12乗	3.3 ps 光が真空中で約1ミリメートル進む時間
f	フェムト	10の-15乗	3.3 fs 光が真空中で約1マイクロメートル進む時間
a	アト	10の-18乗	3.3 as 光が真空中で約1ナノメートル進む時間
z	ゼプト	10の-21乗	8 zs J/Ψ 中間子の半減期
y	ヨクト	10の-24乗	91 ys リチウム4の半減期
		10の-44乗	プランク時間 -- プランク長(1.6×10^{-35} m)の距離を光が移動する時間。

表2

また現在の物理学の理論でこれより短い時間で物理的意味を持つものは知られていないとされている時間はマックス・プランクにより提唱されたプランク時間（プランク長 $(1.6 \times 10^{-35} \text{ m})$ の距離を光が移動する時間）で現在では 5.39121×10^{-44} 秒であるとされているが、以下単位とその数量の比較表を示す。秒 (SEC) は別表のような国際単位系があり所持する測定器や測定環境により最小の単位が決められてくるので次にそれらを考察する。

(2) システムの制限

GPSシステムは電波から位相検出するまではアナログ技術であるが、それ以後はデジタルな技術である。アナログ部分は専用のハードデバイスが用いられていてそこは触れず（意識せずに）このシステムを使用とするユーザーはデジタル部分とのインターフェースで可能である。デジタル部分のインターフェースはすでに内部のファーム（ソフト処理）でユーザー目的のデータが作成され一般的な通信仕様になって出力されてくる。このような仕様での接続になるのでユーザーがその情報を入手した瞬間はすでにそのデータは過去のものになっている可能性がある。ユーザー毎にインターフェースは異なるのでGPS時計の持つ時間のリアルタイム性はそれらを考慮して全体システム設計する必要がある。

2. GPSとシステム設計

(1) GPSシステム概要

グローバル・ポジショニング・システム（GPS：Global Positioning System）は、全地球測位システム、汎地球測位システムとも言い、地球上の現在位置を調べるために衛星測位システムである。元来は軍事用のシステムであった。ロラン-C（Loran-C：Long Range Navigation C）システムなどの後継にあたる。現在地球上には24～個のGPS衛星があり時間管理され電波を出して活動している。このシステムの利用は地上の一点に置かれたGPS受信モジュールとその時点から見渡せる複数個のGPS衛星、及びGPS衛星の時間管理をする地上局の3システムで運用する。それぞれ宇宙（衛星）・制御（地上局）・ユーザー（GPS受信モジュール）の3つのセグメント要素から構成されている。衛星と地上管理局はアメリカ合衆国によるものだが同様のインフラ開発が日本、EU、ロシアなどでもある。

GPS概要図で衛星A,B,C,D,E、、、は地上局からの管理で極めて高精度の時間を持っている。その時間データをおののおの電波で発信しする。衛星の位置はあらかじめ管理されわかっているので地上のGPS受信モジュールはA,B,C、の電波を受け電波の到達時間の差を計算し自分のいる位置を計算できる。

(2) 信号とデータ内容

GPS衛星からでた電波信号は受信モジュールアンテナで受信されRFアンプで高周波增幅後、ミキシングされIFアンプ後A/D変換される。このデジタル化した約1Mhzの信号は各衛星に割り当てられたC/Aコード比較復調により航法メッセージデータが現れるので、これをCPU演算で各種情報を再現し制作する。データは主にNMEA（National Marine Electronics Association）フォーマットで外部に出力される。参考例としてNMEA0183のデータ形式を以下に記載する
シリアル出力のNMEA0183フォーマット例

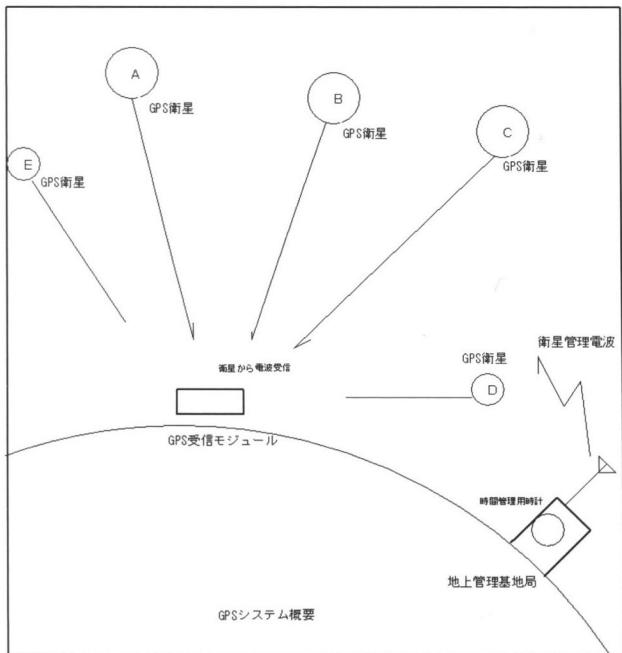
```
$GPRMC,000103.995,V,3600.0000,N,13600.0000,E,9999.9  
9,999.99,310808,,*29  
$GPVTG,999.99,T,,M,9999.99,N,9999.99,K*59  
$GPZDA,000104.995,31,08,2008,,*56  
$GPGGA,000104.995,3600.0000,N,13600.0000,E,0,00,99.  
9,00000.0,M,0000.0,M,000.0,0000*4B  
$GPGSA,A,1,,,99.9,99.9,99.9*09  
$GPRMC,000104.995,V,3600.0000,N,13600.0000,E,9999.9  
9,999.99,310808,,*2E  
$GPVTG,999.99,T,,M,9999.99,N,9999.99,K*59  
$GPZDA,000105.995,31,08,2008,,*57  
$GPGGA,000105.995,3600.0000,N,13600.0000,E,0,00,99.  
9,00000.0,M,0000.0,M,000.0,0000*4A  
$GPGSA,A,1,,,99.9,99.9,99.9*09  
$GPRMC,000105.995,V,3600.0000,N,13600.0000,E,9999.9  
9,999.99,310808,,*2F
```

ここでNMEA0183フォーマットは「\$」で始まり〈CR〉〈LF〉で終わる1レコード（センテンス）ごとのASCIIデータである。〈CR〉〈LF〉コードは表示されていないが以下はコードの意味である。

「\$」センテンス開始、「GP」GPSデータを示すヘッダ、「DTS」Data set identifier「,」データ区切り（コンマ）、「*」チェックサムとデータとの区切り記号、〈CR〉〈LF〉センテンス終了のターミネータ

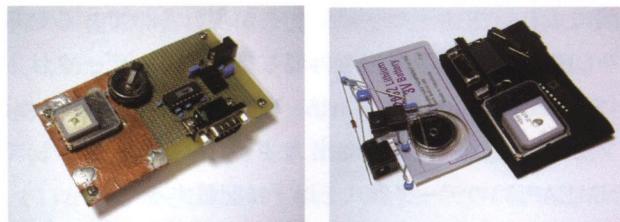
(3) 使用方法

GPS受信モジュールを購入し、写真のように電源とシリアルドライバー、電池を組み入れたユニットを作成した。以下に写真と回路図を示す。アンテナ一体型GPSレシーバモジュール：GPS-52D(B)-014（SiRF社チップセット）はポジション社製のもので秋月電子より購入できる。シリアルドライバによりRS232Cでイン



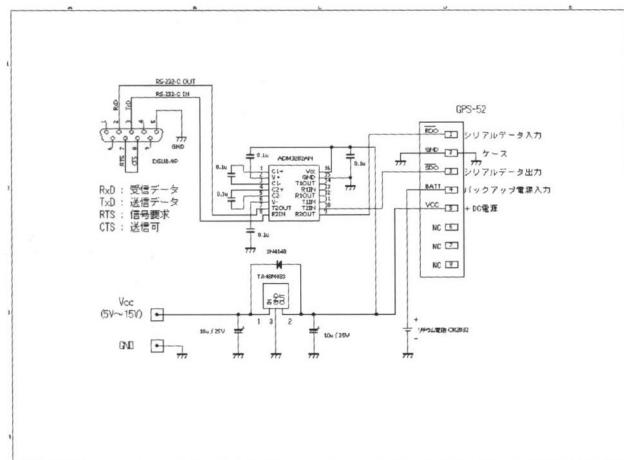
GPS概要図

ターフェースさせる。データはPICマイコンで処理してそのポイントの緯度、経度、を取り込み時刻データによりその時点でのおののおの天体位置の方向を計算や同期のための前処理を行わせる。



GPSモジュール写真

GPSモジュールキット



GPSモジュール回路図

(4) 処理プログラム

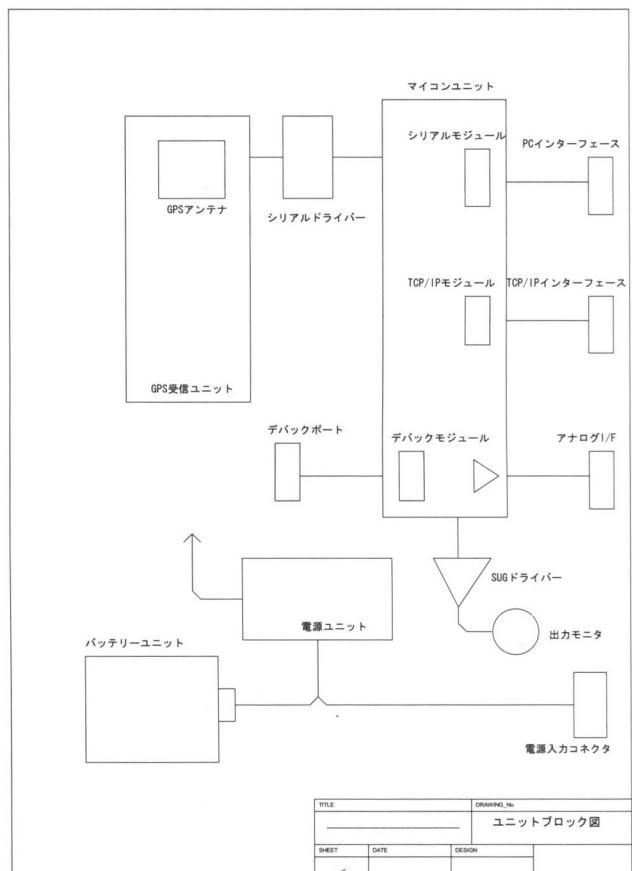
PIC (PIC18G4550) で時間の管理とTCP/IPプロトコルスタックによりコントロールサーバーへ接続し、同期のための前処理通信を行う。信号出力（ドライバ、デバイスは未定）タイミングをカウントダウン開始から出来るだけ合わせるために前処理の通信時間やマージンを検討してGPS時刻にあわせて各々のトリガをかける。トリガ後は各システムごとに自分の受信したGPSによる標準時と比較しそこからのカウントダウンはクロックのカウンターでおこなう。出力レベルはTTLで行う。ファーム開発はCCS-CコンパイラーやC-18コンパイラーより。マイクロチップ者のTCP/IPスタックを使用する場合はC-18を使わざるを得なくなる。

(5) プロジェクトとシステム

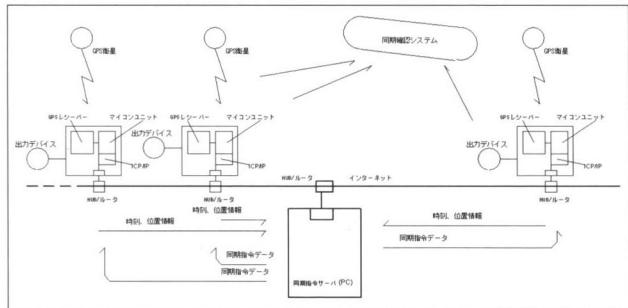
このプロジェクトでの移動GPSユニット部とコント

ロールセンターとなるインターネット接続のサーバー間の接続イメージとユニット単体のブロック図を以下に示す。

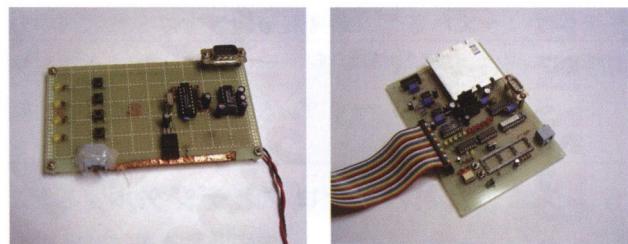
各ユニット間はインターネットプロトコルで接続され、サーバーユニット間はFTP又はSSRで接続するよう設計予定である。なるべくブラックボックスを少なくしたシステムと、予備的にマニュアルオペレーションで目的が達せられるようにする予定である。さらに2次的なインフラとしてSKIPE（インターネット電話）又は携帯電話を使ったアナログ的な通信手段も考慮に入れておく。ビデオカメラによるパターンのデータ送信か、音によるアナログデータ等を検討中である。インターネットインフラが世界レベルで整備されつつあるとはいえ場所によっては使用できないシステムが生じることへの対応である。



ユニットブロック図



同期システムプロック図

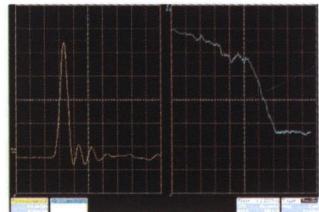


確認用I/Oシステム写真

出力システム写真

時間の繰り返しを電気信号に変換してからこの測定器で同時性を比較すればおよそ光の数センチの進む距離の時間精度で確認することが出来ることになる。以下レクロイ社サイトより

(レクロイ社デジタルオシロスコープによるGAZ写真 (世界初の100GHz帯域を実現したサンプリング・モジュールSE-100では、HHI社のO/Eを取り付けて フェムト秒レーザーのパルスを計測して得られたパルス波形をFFTして装置の周波数特性を確認することができます。100GHz以上でも十分な応答があることが見て取れます) HPより



レクロイ社オシロ波形

(3) 現在のシステム内の同期信号

現システム内での同期を得るための精度はGPSユニット時間やコントロール最小制御時間の組み合わせで決まってくる。デジタル制御の場合0,1の繰り返しの中では二つ以上の信号を完全に一致（同期）させるのは難しく、その一回の繰り返しの時間分だけ前後した時間になる。また電子同期回路のクロックで状態をサンプルした場合その変化の最終単位はサンプリングクロックになるように処理の繰り返し時間がデジタル的な処理をした場合には、ほぼコントロールできる最小単位となる。

このシステム内で、GPS受信モジュールが処理速度を補正してデータを出しているかどうかは不明だが、モジュールから処理ユニットへのデータ伝達時間はシリアルで9600BPSなので必要なデータのみ受け取ったと仮定すると、(約30バイト) 現在の通信スピードだと1バイト約0.93秒かかり $30 \times 0.93 = 28.1\text{ms}$ 必要になる。すなわちGPS受信モジュールが時間と、位置を認識してそのデータをNMEA0183フォーマットで出力したときにそのデータを受信側で受け取れるときは更に28.1ms必要になってくる。これらの時間はシステムの構成がわかっていれば計算できるし、実測も出来る。今回のシステムはGPS受信モジュール内の時刻を出力したときがその時刻ということを前提として今回の時刻同期プロジェクトはすすめることにする。

3. 同期とは

(1) 空間の中の同時性と認識主体

認識主体が時間の計測手法の中でのみその空間中で同じ時刻のポイントを持ちえると言える。また今まで述べたような時空間を定められない「即今唯今」の世界を意識しつつデジタル的な時間に関わるために手法を固定化しそのデジタル化できないところまで進むか、又はデジタル化の上に載ったアナログ的なもの（ゆらぎ）を作り出してそれと共に歩むことで得られるように思える。空間を限定した同時性があるとしてもそれをはずしたときの同時とはどのようにしていくのだろうか。今はこの世界でより具体的なテクノロジーへと道を決めた中に現し得てアクセスできる世界がより明確にみえてくる中で活動したいと思っている。

(2) 測定計の中の同時性

時間の計測はオシロスコープやカウンター、タイマーなどにより行うが生産発売れている測定器の中でレクロイ社デジタルオシロスコープではの立ち上がり時間4～18ps、測定帯域100GHzになるものがある。光が真空中で1mm進む時間が3.3psなのでそれよりも少し遅いくらいの立ち上がり（変化を表示できる）特性を持っている。

4. 確認の手法とそのシステム考察

すべてのユニットやシステムが上記GPS受信モジュール内の時刻を出力したときを基本タイミングとしてそれ以外に必要な処理時間や冗長度は計算、実測をおこない同期させるタイミングを補正する。計算による補正是有効桁を自由に取れるが、実際の測定器の有効桁や測定スキルなどから目標とすべき有効補正データが決定されてくる。

(1) 目標精度

システムを作成しながら、基本タイミングへの補正と実証、推論等を行う予定であるが、所持する測定器(hp54250)より理論値10Nsec～を目標にしたい。



HPオシロ写真



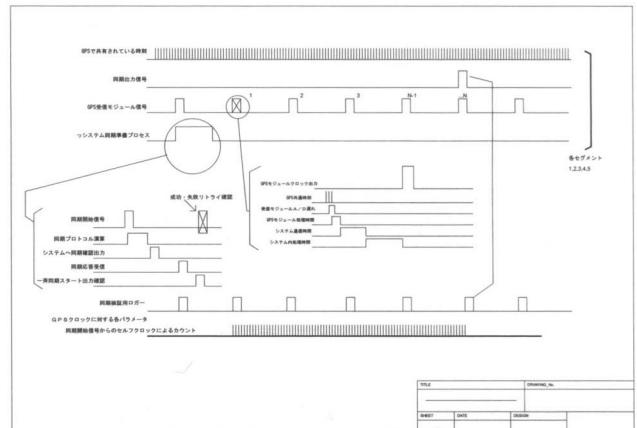
ジェネレータ基準電源写真

(2) 現在使用可能な確認用インフラ

信号出力時に地球上の5ポイントで出力したシグナルを直接何かで観察する方法はないに等しい。SF的な仮定をすると、地球から充分な距離を持ったポイント（たとえば天王星）から5点同時に観測しその出力の時間差を計れば目的は達せられる。5ポイントは北半球に集まる可能性が高いのでその時刻で北極側に地球の直径の10倍程度の距離ポイントの衛星で行えば有効と思われる。あるが、。

(3) 同期の確認手法

上記のような仮定のみではデジタルシステムを組んで実行する有意性も認められず遊びに成りかねないが、幸い各ユニットはGPS時計を持っているのでその時刻と出力時間と、インターフェース用の補正時間を考慮して、それらのログをとる方法で事後確認の方法でおこなう予定である。



同期補正イメージ図

5. システム内のアナログとデジタル

(1) 現在のデジタルシステム

システムブロック図に記載したようにファーム側でコントロールできるデジタル部の範囲はデータ受信完了後のソフトに依存せざるを得ない。主にソフトウェアによる処理になるが、トリガの補正などはハード、ソフト両方からアクセスの予定である。

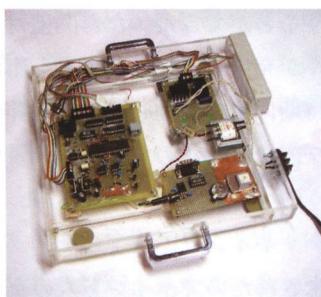
(2) 混在するアナログ信号とその処理

システムを構成する上でアナログ信号を直接取り扱いそれらをアナログ演算することは通常設計の中では稀で無いが、充分なAD変換スピードとゲインを前段階で得られればデジタル処理のほうが再現性や信頼性において充分勝るとされている。たとえばある一定のパルス長を出すアプリケーションまたはアナログデバイスを想定した場合、デジタルアプリケーションのほうの長さはCPUのクロックでほぼその精度は決定される。反してアナログデバイスで長さを決定しようとしたとき、デバイス固有の温度特性等で変化要因が多岐にわたり、一元的なパラメーターではそれを再現できない。必要とする精度にやその他の要因によりシステム内の構造は決定される。

(3) 本プロジェクトでのアナログ、デジタルの位置

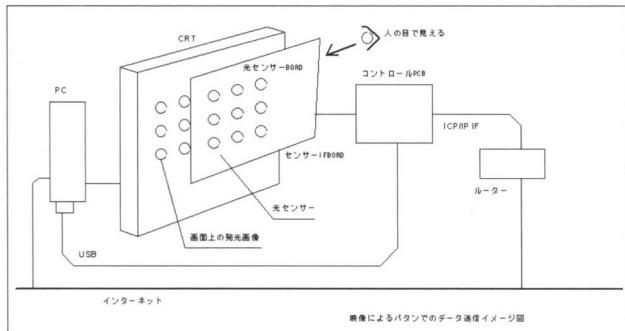
ユニット内ではすべてデジタル処理で行う。アナログ部があるのはGPS受信ユニットの電波受信と位相に

よるAD部分であるが、ここはブラックボックスとして扱いデータを渡されてからの処理はデジタル（ソフト演算）になる。しかし前述したようなデジタル処理の上のアナログ的なインターフェースも用いる予定である。検討中の通信手段はSKIPEのTV電話を利用したパターンマッチによるデータ通信と音声によるアナログ的なシリアル通信である。ブラックボックス化していくなかで直感的に理解でき、かつ人がそのまま使えるような手段をアナログ的な手段で構築してみたい。以下にそれらの方の概念図を示す。現在は映像によるパターンでのデータ送信をして人が目で認識できるようなシステムと音声による人が耳で聞こえるものをアナログ的な物として基本設計中である。人が直感的な5感で感じられる要素を多く含めたい。



製作中のユニット写真

イメージ図参考



映像によるパターンでのデータ送信イメージ図

た。通常のギャラリーは都市部でほとんど予約で埋まっている中、幸運にもこのスペースを使用できることが出来た。但し、インターネットなどの通信インフラや場所条件などは当初の思惑どうりではないものであった。インドグループとの合同作品展示も仏教寺院内ということでインドの作家たちが難色を示していて、各人ごとのアートに対する関わり方や姿勢の違いが見えてきていく。インスタレーションの作品としてのシステムとそれらを結ぶインフラの事前確認はその設置場所にあわせて必要なことではあるが、想定以外のことにも対応できるようなシステム構築や作業を行いたい。そのために複数の方法論を持つようにシステムを組みなおし中である。現時点ではGPSアンテナ本体とCPUユニットの位置の多様化再考察、電源のチック、バッテリー駆動、インターネットへのシステムの接続の仕方、加えて表示場所とシステムとインターネットに接続されているPCへの位置的な問題の解決、専用PCではなく一般的に開放されている場所に設置されたPCを使用する場合の使用時間の折り合いのつけ方、断片的な接続、又は接不可の場合のシステムの動作や表示の仕方、、、等等再考すべき内容は多々発生中である。インドスペースに問い合わせなど予定より遅れて情報の収集中である。写真はインド会場となる予定のセンター全景である。地下のスペースで入り口は別にある。

World Buddhist Centre

<http://www.indiamart.com/worldbuddhistcentre/>



インド会場全景

6. インド国内の実行サーチとシミュレーション

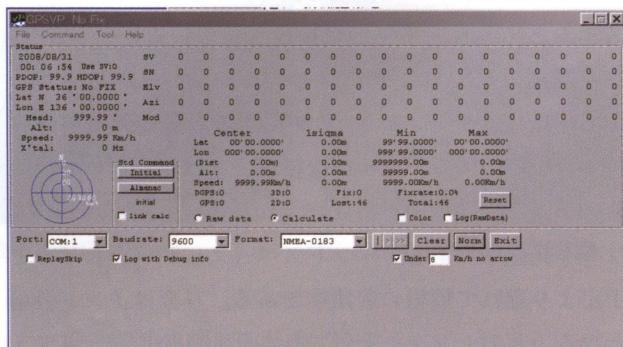
(1) 12月のインド実行準備

現時点（10月末）では9月に事前調査として、ムンバイ、又はデリーで展示会の会場を下見して、ネットが使用できるスペースを予約し対応した機器設計や同時開催の「天地人V」の内容も確定させる予定で進んでいたのだが、現地のギャラリースペースが予約満杯で探しても予約出来ずにいた。だが各方面の助力により以下World Buddhist Centreのスペースを確保できることになっ

(2) 製作システムの履歴と国内でのテスト

基本システムとして制作した作品はスタンドアロンの

ものでGPSを使った日時計のプロトタイプである。設置地点の緯度経度と時刻から太陽と月の位置を計算して光によるアナログな影で時間を示すものである。このシステムを改造して展示設置作品にする。追加するIFはICP/IP、コントロール用USBインターフェースと各々のスタックプログラム、である。更にコントロール用サーバープログラムとPCを用いる。また同期実行時には仮想則定点を設定してその時点での伝達デバイスでの仮想観測で同期が取れるように補正パラメータも考慮に入れたソフトを作成する予定である。実行シミュレーションでは天地人Vのデリー会場での開催に合わせてシステムを設置し、周辺のインフラチェックを行う。インターネットへの接続はHUBを持参してのケーブルでノートPCで行い環境により設定変更等の対応を行う。



GPS受信表示画像

(3) プロジェクトのインド内での関心度

インド国内ではネットビジネスも含めすべてが立ち上げ中である印象を受ける。アートに関しても工芸品や絵画販売など直接経済（お金）に結びつける環境での動きにエネルギーを感じる。会場をムンバイとデリーで探したが予定の日はほぼ予約でいっぱいであったし、作品を販売する目的でのギャラリーやネットコンテンツは至る所でみかけた。

今回インドでの目的はそこでは無く紹介と最初の足がかり等の実験的な意味合いも含んでいたが、一般の人と話すと想いの食い違いを多々感じた。また今回のインド人アーティストグループとの交流や場所の決定等でも言葉や距離の問題があるにせよ温度差があり、時間をかけたつきあいの中でしかその差は埋まらないと思える。

システムそのものを見て動きやシステム的な説明はこの国でも理解できるとほぼ納得するようだが、その先に

ある更なる世界へのアナログ的な反応は見えてこない。この国の精神的な誇りと論理的な理解能力は優れており充分な歴史に裏づけられている人々のなかでの展開は初期の反応がどうであれ興味あるし又来年度の開催展示も行ってみたいと思う。

(4) 12月実行の概要

今回インド会場は前述したようにWBCのスペースが予約できておりインフラチェックが充分であったとは言えないが、天地人V（インスタ展）と併設という形で行うことができた。ただ開催月にインドムンバイでテロ事件が発生し、邦人の死者も出たことがあり、敢えてこの時期におこなう必要性の是非や問い合わせが開催グループ内で有ったので、私個人責任での現地行きと開催という形で実行することにした。また入出国時のセキュリティやインド国内でのチェック等が厳しくなることが懸念されたので、インド人の友人とも相談した上で不必要な誤解を与えるようなシステムや通信用機器などはなるべく持ち込まないで行うようにした。

インターネット接続は会場で接続できると確認しておいたが當時独占的に使用できるものではなく、滞在者やセンターのスタッフと一台のPCをシェアするものであった。会期中システムの常時接続目標は現地に持ち込んだHUBやノートPCなどでチェック作業したのだが、なるべく変更を与えないようセンターのPCをそのまま空いている時間に使用させてもらう形式にした。日本国内での環境は両会場とも常時接続してシステム側で自由に使用できることを確認しておいたが今回の通信ボトルネックはインド側に現れることとなった。但し日本から持ち込んだ作品は書や絵画、写真などオリジナルなものと、CD等に焼きこんだデジタルデータがありこのデジタルデータを見せるために現地で出力する必要があった。会場のすぐ近くにネット対応はしていないものの、メディアを持っていくとその場で対応してくれる出力センターが在り効率の良い作業が出来た。

また日本側でのリアルタイムなイメージ製作画像をネット経由で送ってもらいインド側で出力、インドアーティストにそこに参加してもらい、さらに日本に送って作品を仕上げていくというデジタルブリッジのコラボレーションの企画があり、1ターンほどの確認は出来た。実際はこのアナログ的なコミュニケーションの同期や確

認ツールは今回のGPSを使用したシステムが出番のはずであったが、それ以前の総合的な問題で個々のシステム機器のデバックにまでは至らなかった。またSKYPE（インターネット電話）を使ってのデバックを予定していたが接続スピードの関係で今回は行わなかった。但し日本で常用していたSNS（MIXI）は会場の雰囲気伝達や通信予備手段に有効であった。写真は会場やMIXI連絡画面、デジタルブリッジコラボレーションのインド側の様子、出力センター、付近の様子などである。

今回100W程度の変換機のみでパワーデバイスは持ち込まなかつたが、AC200Vということもあり電源設計の総合的な再検討が必要と感じた。また心配していた停電等の不安定さは皆無だったが、センター内に発電機が設置されており、これらの始動条件やパワーラインのチェックも必要になると感じた。

具体的なシステムインフラ構築の反省と対応予定等に関しては回を改めての記載にしたいが、見えていなかつたことが多かったのは事実である。

また現地で出会う人たちに様々な作業で助けられたのも嬉しかった事実であった。インドのビジネスレベルでの強さはよく話題に出るが自分がなにをしたいかを明確に伝え、理解してもらえると中途半端な愛想笑ではない顔で付き合うことが出来て期待以上のことを実現してくれる。場所の問題で最初はしり込みしていたインドのアーティストたちも最後は積極的に参加してくれたし、センターのスタッフや僧侶達さえも後半なにかと作業に手を貸してくれた。今回インドでの実行イメージは以下のようにまとめたいと思う。

「無機質な充分検討されたと思えるシステムを人が住んで暮らしている中へ持ち込み、プロジェクト達成の接続努力をした。もともとつながっているインフラでの、出来て当たり前の通信に今回のインスタ用システムを組み込み追加確認してゆく作業は目標の30%ほどしか行えなかつた。但しシステムのみではカバー実現できない接続インターフェースの特徴をこの場所で確認でき、総合的には50%実現評価と思える。」



おわりに

システム的な考察や製作途中であり更にインドでのプロジェクト実行前の記載になり、中途半端なものになつた感じは否めないが、現時点まででも目指すシステムや、表現したい方向、更に広げていく中での問題解決の仕方など充分感じることが出来た。システム的なデバックと改造点などは今後の課題として具体的に内容が見えてきており次回プロジェクトの可能性と次年度の展開予定も含めてまたまとめる機会を持ちたいと思う。参加メンバーは今まで付き合ってきた「天地人X」のアーティスト達であるが日本国内でも多忙な中、国外インドまでも私のわがままに付き合ってもらった。この場を借りての感謝と、まだ続くこのプロジェクトをよろしくお願いすることと、それ以外にもお世話になった方々へもお礼と感謝を表してここを閉じたいと思います。

参考資料（URL）

測地学WEB版 日本測地学会

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/geod-soc/web-text/index.html>

パン・ジャパン・ライブラリー

<http://www.panlibrary.org/peace-pan.html>

<http://www.panlibrary.org/>

執筆者

野上 文天 デザイン工学部 情報デザイン学科
NOGAMI Bunten School of Design/Department of Informatique Design

非常勤講師

Part-time Lecturer

サンアートマン代表（PIDA主催）

CEO Sanatman Ltd, PIDA