

四つ目の衛星は、位置のためではなく時計のためである

— 空間は三次元なのに衛星が四つ要るのは、未知数が四つだからである — 水晶時計の 10^{-6} は、1 秒で **299.79 m**、1 時間で **1079.25 km** の誤差になる — 受信機は原子時計を積まずに、原子時計並みの時刻を手に入れる — [論文402]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

位置は三次元なのだから、衛星は三つでよいはずである。本稿が示すのは四つ目が位置のためではないことである——受信機の時計が未知だからである。新しい定理も法則も主張しない。第一に、光は **1 ns** で **0.299792 m** 進む。時刻の誤差はそのまま距離の誤差になる（第1節）。第二に、水晶時計の 10^{-6} は、1 秒で **299.79 m**、1 分で **17.99 km**、1 時間で **1079.25 km** になる（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。未知数は位置の三つと時計の一つで四つ。だから衛星が四つ要る（第2節）。第四に、時計が既知なら三つで足りる。四つ目は幾何のためではない（第2節）。第五に、相対論の補正は一般 **+45.7185**、特殊 **-7.2136**、合計 **+38.5048 $\mu\text{s}/\text{日}$** で、怠れば一日 **11.54 km** ずれる（第3節）。第六に、分離子は「未知数が三つか、四つか」である（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——到達時刻差による測位、受信機時計誤差の同時推定、GPS の相対論補正はすべて既知である。受信機を設計しない——信号の獲得・追尾・符号相関には立ち入らない。未知数の数え上げと時刻の誤差だけを見る。測位精度を主張しない——実際の精度は電離層・対流圏・多重路・幾何配置で決まり、本稿の外である。相対論を導出しない——既知の式に数を入れるだけである。地球を球と置き、軌道を円と置いた見積もりである。他の測位系を扱わない——慣性航法や地上系との組合せは主題ではない。時刻配信を論じない——GPS が時刻源として使われている実情は挙げるにとどめる。既刊との関係：論文384 は自由空間損失の周波数の項が受信側から出ること示した——ここでは四つ目の衛星が受信側の未知数のためにある。論文394 は流量だけでは状態が決まらないことを示した——ここでは三つの距離だけでは位置が決まらない。論文392 は沸点が対の性質であることを示した——ここでは距離が位置と時刻の対から出る。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——位置の未知数と時計の未知数は、その基準で別根である。加えたのは、三つの経過時間で時計の誤差を距離に直したこと、未知数を数え上げて衛星の数と対応させたこと、時計が既知なら三つで二点に絞れることを示したこと、相対論補正の内訳と一日あたりの誤差を出したこと、分離子を「未知数の数」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：衛星 i の位置を A_i 、送信時刻を t_i とする。受信機の位置 X と時計のずれ b が未知である。

$$|X - A_i| = c(t_{\text{recv}} + b - t_i)$$

未知数は X の三成分と b の合計四つである。

観察 1.1

光は 1 ns で 0.299792 m 進む。時刻の誤差が、そのまま距離の誤差になる——1 ns の精度が 30 cm に対応する。

観察 1.2

衛星の時計は原子時計である。 t_i は既知としてよい——受信機の時計はそうではない。

観察 1.3

未知数が四つなら、式も四本要る。衛星一つで一本——だから四つである。

問い：空間は三次元なのに、なぜ衛星が四つ要るのか。

2. 1 時間で 1079.25 km ずれる時計

計算 2.1：相対確度 10^{-6} の水晶時計の誤差（本稿で計算）。

経過時間	時計の誤差	距離に直すと
1 秒	$1.000 \times 10^{-6} \text{ s}$	299.7925 m
1 分	$6.000 \times 10^{-5} \text{ s}$	17.9875 km
1 時間	$3.600 \times 10^{-3} \text{ s}$	1079.2528 km

観察 2.2

これが本稿の芯である。受信機が普通の時計しか持たなければ、1秒で **299.79 m** ずれる——つまり時計は「未知」と置くしかない。既知だと仮定できる精度に、まったく届いていない。

観察 2.3

1時間放っておけば **1079.25 km** になる。日本列島の長さ——較正なしでは測位が成り立たない。

観察 2.4

だから未知数は四つになる。位置の三つと時計の一つ——三次元だから三つ、ではない。

観察 2.5

時計が既知なら三つで足りる。三つの球面の差を取ると一次式が二本、それが直線を決め、球と二点で交わる——片方は地球の外や地下になるので捨てられる。

観察 2.6

つまり四つ目は幾何のためではない。幾何は三つで閉じている——四つ目は、受信機の側の未知数を消すためにある。

3. 時計を解くことが、時計を配ることになる

観察 3.1

四本の式を解くと、位置と一緒に **b** が出る。副産物ではなく、同時に出る解の一成分——受信機は自分の時計のずれを知る。

観察 3.2

だから受信機は原子時計を積まずに、原子時計並みの時刻を得る。衛星の原子時計が、電波で配られている——測位装置が、同時に時刻配信装置になっている。

観察 3.3

その時刻には相対論の補正が要る。一般相対論で $+45.7185 \mu\text{s}/\text{日}$ 、特殊相対論で $-7.2136 \mu\text{s}/\text{日}$ ——合計 $+38.5048 \mu\text{s}/\text{日}$ 。

観察 3.4

二つは逆符号で、打ち消し合っている。重力で速く進み、速度で遅れる——それでも **6.3** 倍の差があって、消えない。

観察 3.5

補正を怠ると一日 **11.54 km** ずれる。 $38.5048 \mu\text{s} \times c$ ——一日で使い物にならなくなる。

観察 3.6

つまり相対論は、この系では理論ではなく設計値である。衛星の時計は打ち上げ前から周波数をずらしてある——効かなければ、測位が合わない。

4. 三つの距離だけでは、位置は決まらない

観察 4.1

「距離が三つ分かれば位置が決まる」は、距離が本当に距離ならば正しい。三球の交わり——ここで測っているのは距離ではない。

観察 4.2

測っているのは到達時刻である。距離に直すには時計が要る——時計が未知なら、距離も未知の量を含む。

観察 4.3

その未知は三つの距離に共通して乗る。同じ cb が三本すべてに——だから一つの未知数で済み、四本目で解ける。

観察 4.4

共通でなければ、衛星ごとに未知数が増えて解けない。 n 本の式に $3 + n$ 個の未知数——共通であることが、この方式の成立条件である。

観察 4.5

論文300の基準で別根である。位置の未知は幾何が、時計の未知は受信機の水晶が決める——同じ「未知数」に、根の違う二つが並んでいる。

観察 4.6

論文384と同じ形である。論文384では周波数の項が受信アンテナから出ていた——ここでは四つ目の衛星が受信機の未知数のためにある。どちらも、外にあると思われた要求が受信側から来ている。

5. 分離子：未知数が三つか、四つか

観察 5.1

分離子——受信機の時刻が既知か、未知か。

受信機の時計	未知数	要る衛星	得られるもの
原子時計を積む	3	3	位置だけ
普通の水晶	4	4	位置と時刻

観察 5.2

二行目のほうが、衛星は一つ多く要るが、得るものも多い。時刻が付いてくる——一つ多く受信することが、原子時計を持つことの代わりになっている。

観察 5.3

値段が桁で違う。原子時計と、四つ目の受信チャンネル——方式の選択は、幾何ではなく費用で決まっている。

観察 5.4

分離子は動かせる。位置が既知の固定局なら、未知数は時計の一つだけになり、衛星は一つでよい——時刻配信専用の受信機は、実際にそう使われる。

観察 5.5

正直に言えば—— $38.5048 \mu\text{s}/\text{日}$ も 11.54 km も、地球を球・軌道を円と置いた見積もりである。離心率や地球の扁平は入っていない——動かないのは、未知数が四つであることと、二つの相対論効果が逆符号であることである。

観察 5.6

最後に一つ——「三次元だから三つ」という数え方は、測っている量を取り違えている。測っているのは距離ではなく時刻である——何を測っているかを数え直すと、必要な数が変わる。

6. 点呼と結び

1. 光は **1 ns** で **0.299792 m** (観察 1.1) : 時刻の誤差 = 距離の誤差。
2. 1 秒で **299.7925 m** (計算 2.1) : 水晶時計の 10^{-6} 。
3. 1 時間で **1079.2528 km** (計算 2.1) : 較正なしでは成り立たない。
4. 未知数は位置 **3** + 時計 **1** (観察 2.4) : 三次元だから三つ、ではない。
5. 時計が既知なら三つで二点 (観察 2.5) : 幾何は三つで閉じる。
6. 解くと **b** が同時に出る (観察 3.1) : 時刻が付いてくる。
7. 相対論は **+45.7185** と **-7.2136** (観察 3.3) : 合計 **+38.5048 μ s/日**。
8. 怠れば一日 **11.54 km** (観察 3.5) : 設計値である。
9. **cb** が三本に共通 (観察 4.3) : だから一つの未知数で済む。
10. 固定局なら衛星一つ (観察 5.4) : 分離子は動かせる。

結び : 位置は三次元なのだから、衛星は三つでよいはずである——だが四つ目は、位置のためではない。光は **1 ns** で **0.299792 m** 進み、時刻の誤差はそのまま距離の誤差になる——相対確度 10^{-6} の水晶時計なら、1 秒で **299.7925 m**、1 分で **17.9875 km**、1 時間で **1079.2528 km** ずれる。受信機の時計は「既知」と仮定できる精度にまったく届いておらず、未知と置くしかない。だから未知数は四つになる——位置の三つと時計の一つ。「三次元だから三つ」ではない。時計が既知なら三つで足りる——三つの球面の差を取ると一次式が二本、それが直線を決め、球と二点で交わり、片方は地球の外や地下なので捨てられる。つまり幾何は三つで閉じており、四つ目は受信機の側の未知数を消すためにある。そして時計を解くことが、時計を配ることになる——四本の式を解くと位置と一緒に時計のずれ **b** が出るので、受信機は原子時計を積まずに、原子時計並みの時刻を手に入れる。衛星の原子時計が電波で配られており、測位装置が同時に時刻配信装置になっている。その時刻には相対論の補正が要る——一般相対論で **+45.7185 μ s/日**、特殊相対論で **-7.2136 μ s/日**、合計 **+38.5048 μ s/日**。二つは逆符号で打ち消し合っているが、**6.3** 倍の差があって消えない。怠れば一日 **11.54 km** ずれる——この系では相対論は理論ではなく設計値であり、衛星の時計は打ち上げ前から周波数をずらしてある。三つの距離だけでは位置が決まらないのは、測っているのが距離ではないからである——測っているのは到達時刻で、距離に直すには時計が要る。その未知は三本すべてに同じ **cb** として共通に乗るので、一つの未知数で済み、四本目で解ける。共通でなければ **n** 本の式に **3 + n** 個の未知数となって解けず、共通であることがこの方式の成立条件である。論文300の基準で別根であり、位置の未知は幾何が、時計の未知は受信機の水晶体が決める。論文384で周波数の項が受信アンテナから出ていたのと同じ形で、外にあると思われた要求が受信側から来ている。分けているものは一つ——受信機の時刻が既知か、未知か。原子時計を積めば未知数三つで衛星三つ、得るのは位置だけ。普通の水晶なら未知数四つで衛星四つ、得るのは位置と時刻である。一つ多く受信することが、原子時計を持つことの代わりになっており、値段は桁で違う——方式の選択は幾何ではなく費用で決まっている。位置が既知の固定局なら未知数は時計の一つだけになり、衛星は一つでよい。時刻配信専用の受信機は実際にそう使われる。正直に言えば——**38.5048 μ s/日** も **11.54 km** も、地球を球・軌道を円と置いた見積もり

であり、離心率や地球の扁平は入れていない。動かないのは、未知数が四つであることと、二つの相対論効果が逆符号であることである。最後に一つ——「三次元だから三つ」という数え方は、測っている量を取り違えている。測っているのは距離ではなく時刻である。何を測っているかを数え直すと、必要な数が変わる。

参考文献

1. Ashby, N. (2003). Relativity in the Global Positioning System. *Living Reviews in Relativity*.
 2. Parkinson, B. W., Spilker, J. J. (eds.) (1996). *Global Positioning System: Theory and Applications*. Washington: AIAA.
 3. Misra, P., Enge, P. (2011). *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance* (2nd ed.). Lincoln: Ganga-Jamuna Press.
 4. Bancroft, S. (1985). An Algebraic Solution of the GPS Equations. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*.
 5. 山岸勇輝 (2026). 『第三百回の点呼——同根か別根かは判定できる』[論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
 6. 山岸勇輝 (2026). 『「自由空間損失」は損失ではない——真空は何も吸収していない』[論文384]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699073
 7. 山岸勇輝 (2026). 『沸点は物質の性質ではない——物質と圧力の、対の性質である』[論文392]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699237
 8. 山岸勇輝 (2026). 『同じ交通量が、二つの別の状態で実現する——流量を測っても、どちらにいいのかは分からない』[論文394]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699272
-

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)