



次世代自動車宮城県エリア
Next Generation Automobiles in Miyagi

NICHE

東北大学未来科学技術共同研究センター

文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラム
次世代自動車宮城県エリア

次世代自動車のための産学官連携イノベーション
平成28年度 第3回 人材育成プログラム 基礎・応用実践コース
「震災以降の歩みと今後の展望」



TOHOKU
UNIVERSITY

高精度携帯型キネマティックGNSS*の開発

*Global Navigation Satellite System

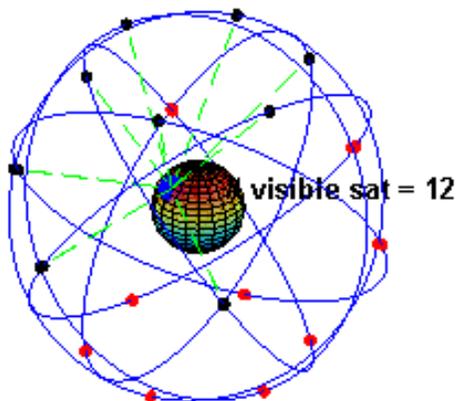
宮本直人, 森本達郎, 荒木佳也子, 大串巧太郎,
ボノーパトリック, 三浦隆治, 鈴木愛, 畠山望, 宮本明

東北大学未来科学技術共同研究センター

- GNSSについて
- 高精度携帯型キネマティックGNSSの開発
- 測位精度評価
- アプリケーション, 計測事例

GNSSとは

- Global Navigation Satellite System の略称
- GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS, 等を含む
- 観測衛星数が増え, 測位精度が上がる



GPS

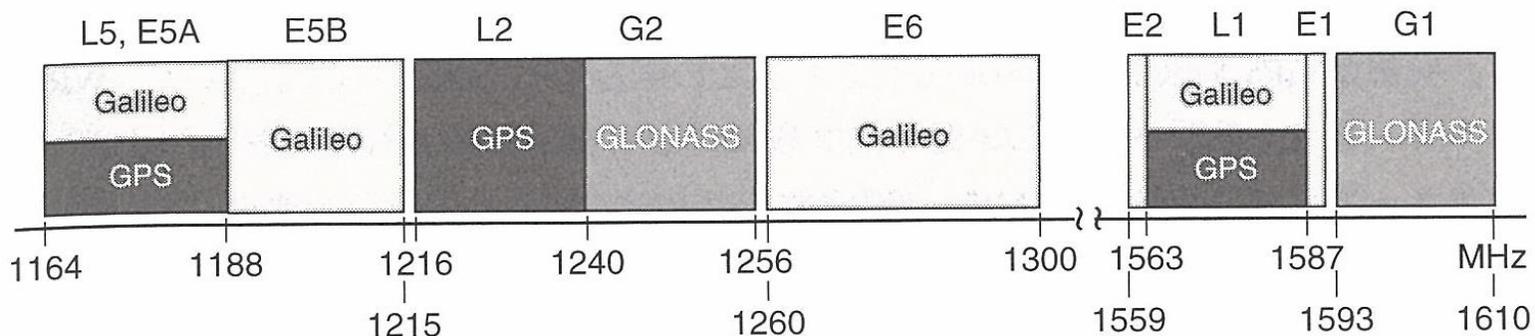
- 6 Orbital planes
- 24 Satellites + Spare
- 55° Inclination Angle
- Altitude 20,200km

Galileo

- 3 Orbital planes
- 27 Satellites + 3 Spares
- 56° Inclination Angle
- Altitude 23,616km

GLONASS

- 3 Orbital planes
- 21 Satellites + 3 Spares
- 64.8° Inclination Angle
- Altitude 19,100km

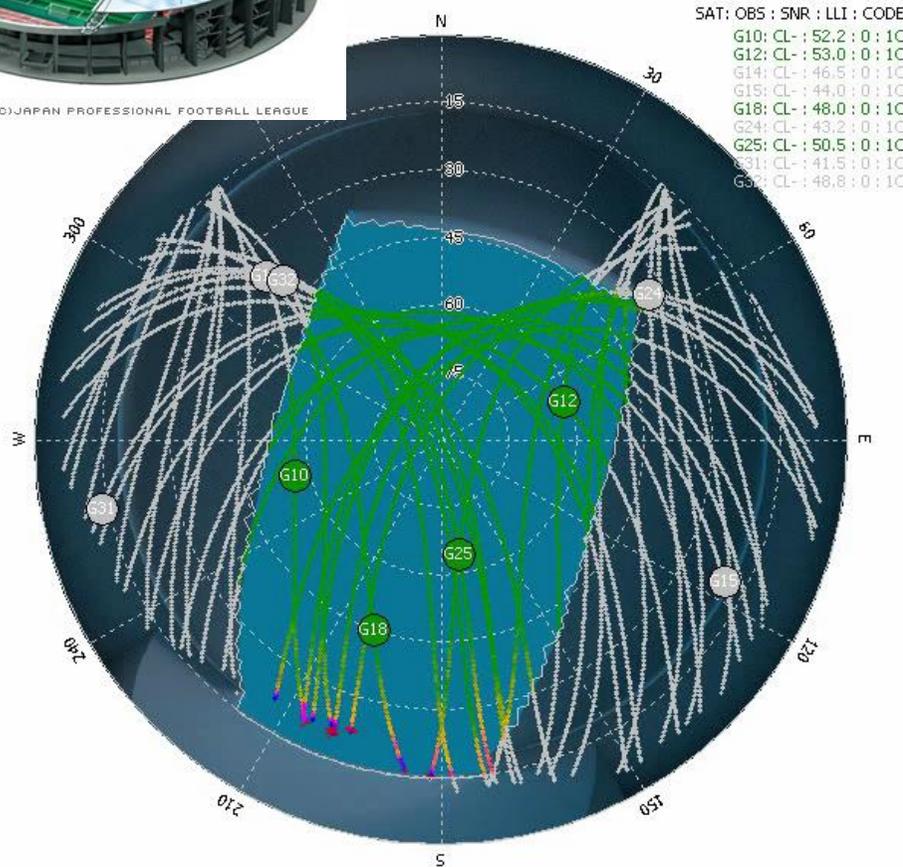


GPS vs GNSS

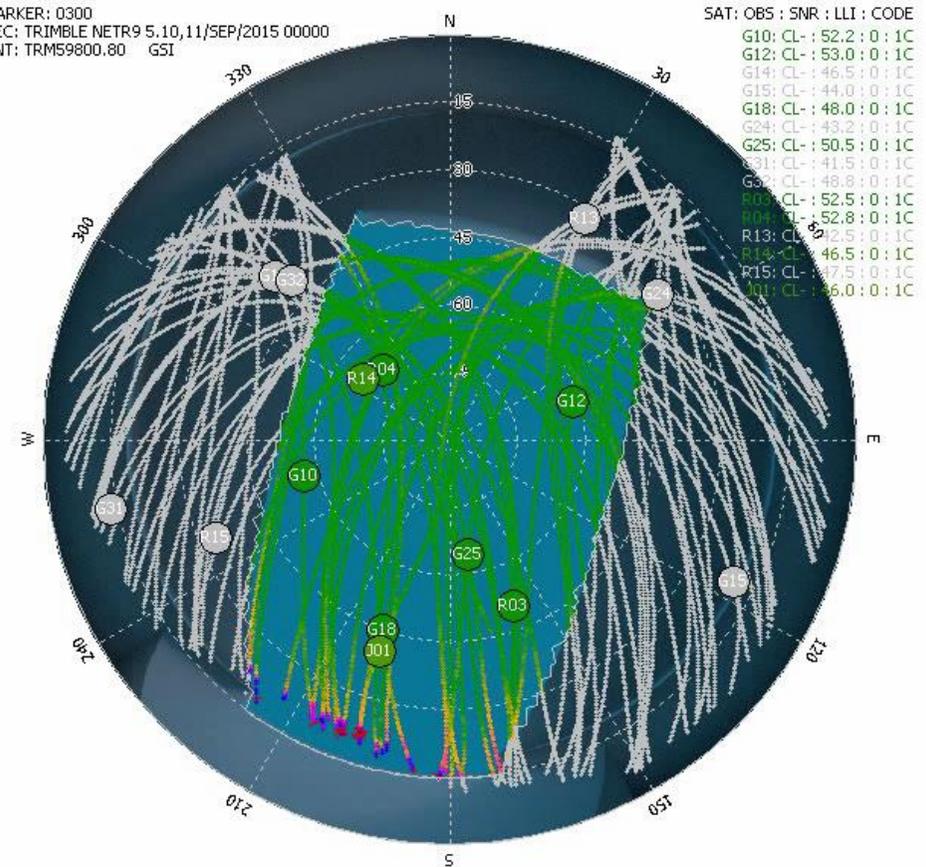
トヨタスタジアム(開閉式屋根)での観測衛星数の比較
GNSSは、GPS以外にGLONASS, BeiDou, Galileo, みちびきの衛星を補足
できるため、観測衛星数が2~3倍に増加している



(C) JAPAN PROFESSIONAL FOOTBALL LEAGUE



[1]2016/05/09 00:00:00.000 GPST : N=17 NSAT=4 SNR=...45...40...35...30...25 <25



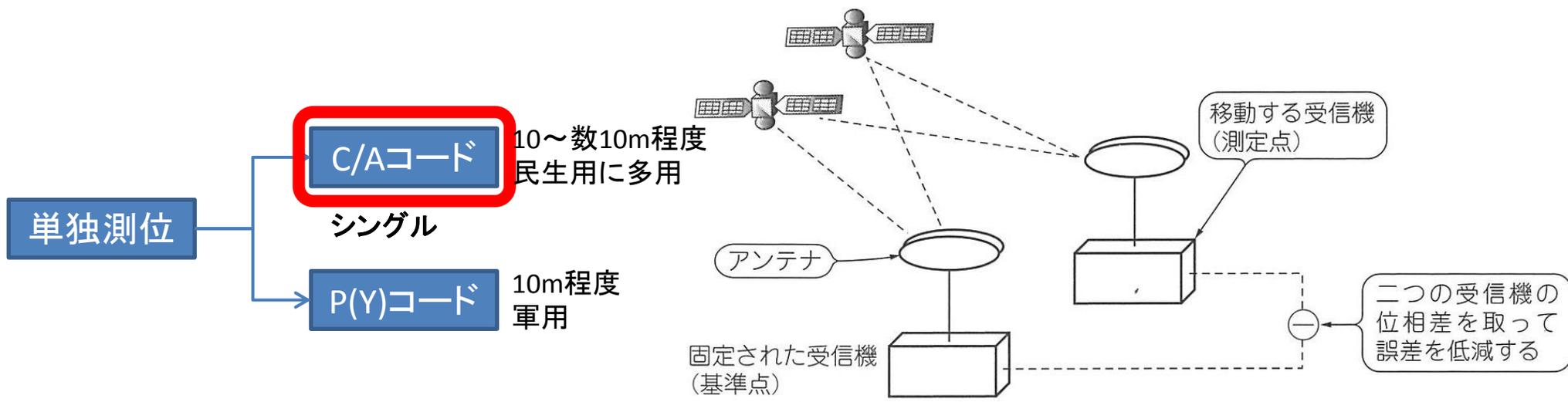
[1]2016/05/09 00:00:00.000 GPST : N=17 NSAT=8 SNR=...45...40...35...30...25 <25

GPS衛星のみ

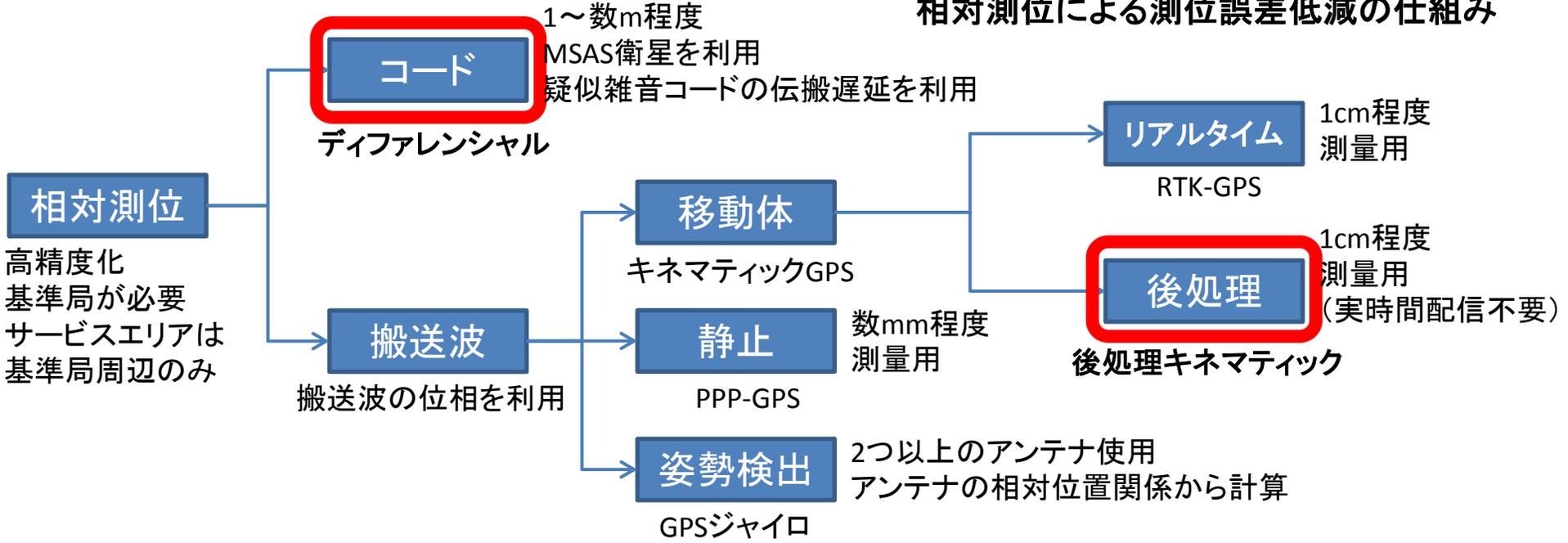
GPS衛星+GLONASS衛星+QZSS衛星

2016/5/9(UTC)における豊田スタジアム_フィールド中央から見える衛星の様子

GNSSの種類と精度



相対測位による測位誤差低減の仕組み





- ・ サイズ
78.5 x 38.5 x 18.5 mm³
- ・ 重量
69 g
- ・ 精度
数センチメートル以下
- ・ バッテリー寿命
3～4時間 (@10Hz)
6～8時間 (@5Hz)
- ・ サンプリングレート
最大10 Hz

AT-H-02

AOBA Technologia LLC

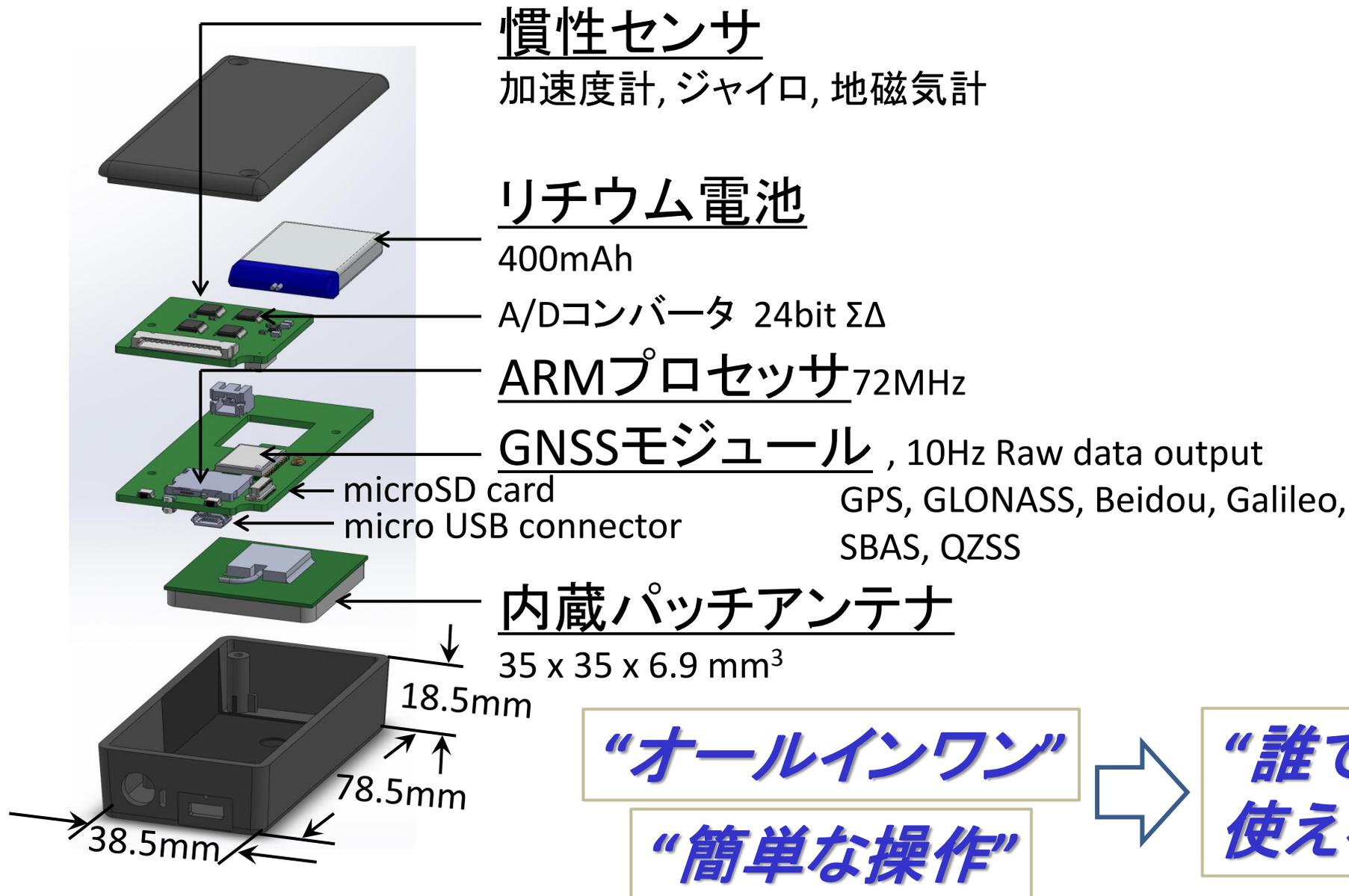
東北大学発ベンチャー
(代表: 森本達郎氏)

“モバイル”
“高精度測位”



“スポーツ”

装置構成

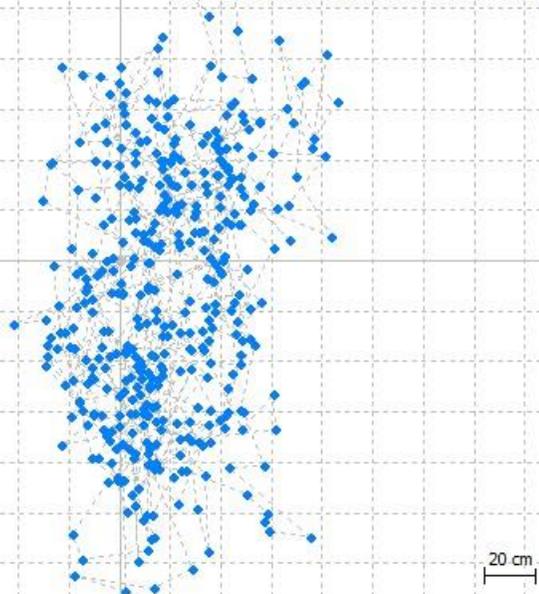


静的位置解析

Static Positioning Analysis

緯度38.2556
経度140.8363

ORI= 38.255605635° 140.836329400° 226.1790m
AVE=E: 0.1816m N: -0.1313m U: -0.0372m
STD=E: 0.2405m N: 0.5173m U: 0.9079m
RMS=E: 0.3011m N: 0.5331m U: 0.9076m 2D: 1.2245m



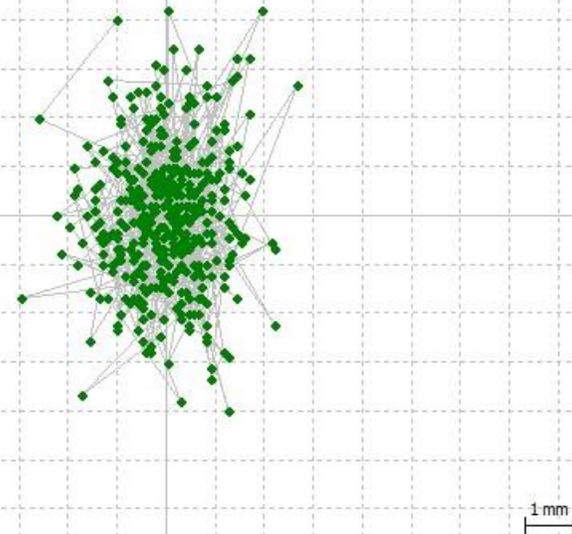
□ 200mm

20 cm

Static Positioning Analysis

緯度38.2556
経度140.8363

ORI= 38.255605635° 140.836329400° 226.1790m
AVE=E: 0.0000m N: -0.0000m U: -0.0000m
STD=E: 0.0008m N: 0.0014m U: 0.0030m
RMS=E: 0.0008m N: 0.0014m U: 0.0030m 2D: 0.0032m



□ 1mm

1 mm



SX BLUE II (GENEQ Inc.)

測位精度

σ (East-West) 0.2405m
 σ (North-South) 0.5173m
 σ (Up-Down) 0.9079m



AT-H-02

測位精度

σ (East-West) 0.0008m
 σ (North-South) 0.0014m
 σ (Up-Down) 0.0030m

mm級の測位精度を達成 (DGPSよりも300倍高精度)

他製品との比較



AT-H-02
AOBA Technologia



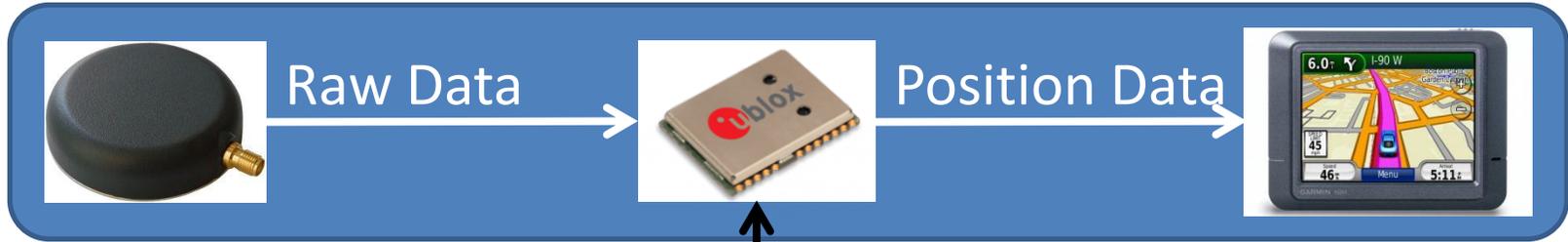
GCX2
SOKIA



	AT-H-02 AOBA Technologia	GCX2 SOKIA
測位モード	後処理 キネマティック	リアルタイム キネマティック
精度	ミリメートル級	ミリメートル級
サイズ	78.5 x 38.5 x 18.5 mm ³	47 x 47 x 184.5 mm ³
重量	69 g	375 g
サンプリングレート	5~10 Hz	10 Hz
バッテリー寿命	3~8 時間	12 時間
内蔵メモリ容量	16 GB	8 GB
可観測衛星 チャンネル数	72 GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, SBAS, QZSS	226 GPS, GLONASS, GAGAN, SBAS, QZSS
値段	100,000~ Yen	1,000,000~ Yen

後処理キネマティックGNSS

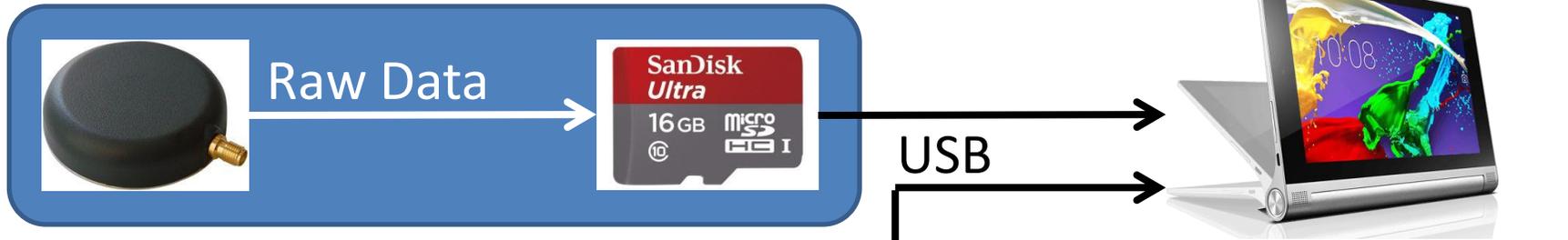
移動局



基準局

Real-Time Kinematic

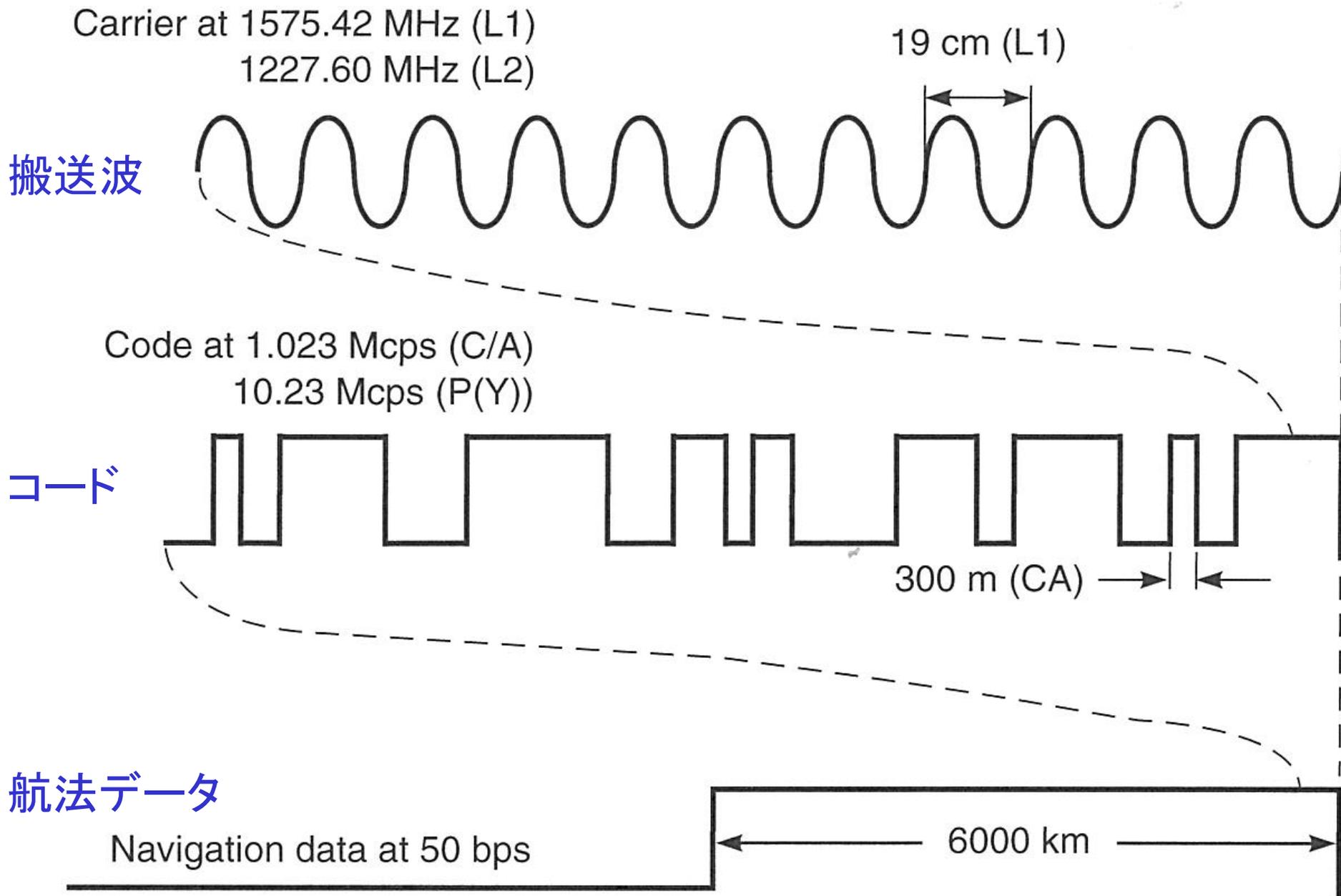
移動局



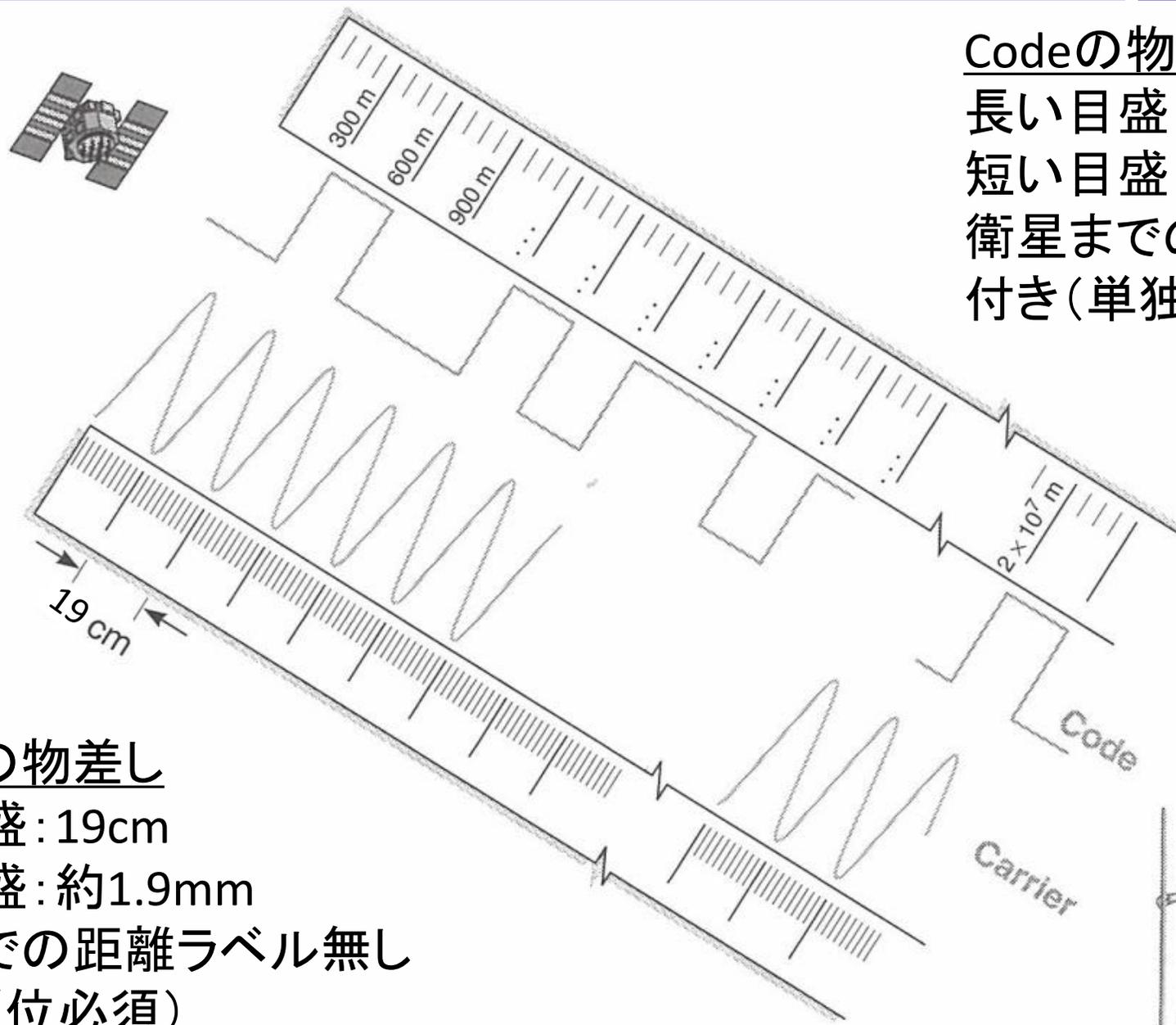
基準局

後処理 Kinematic

GPS Signals (CDMA方式)



Ruler Model by Van Diggelen



Codeの物差し

長い目盛: 300m

短い目盛: 約10m

衛星までの距離ラベル
付き(単独測位可能)

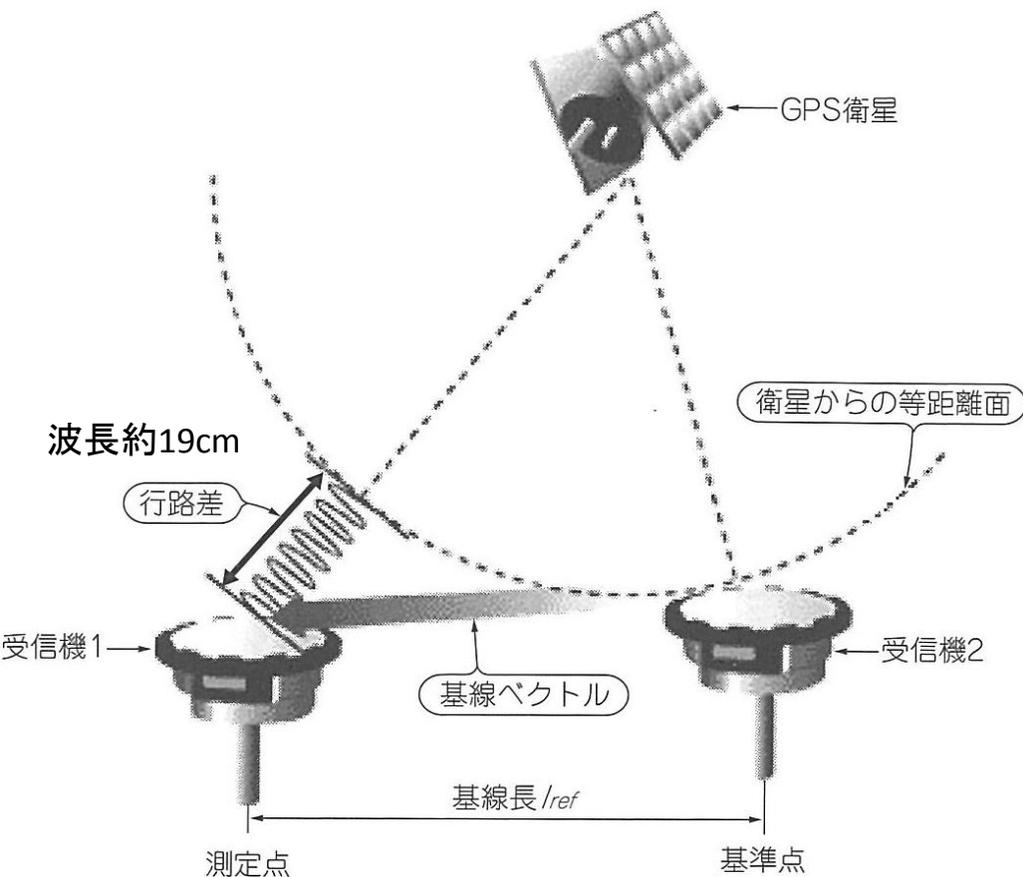
Carrierの物差し

長い目盛: 19cm

短い目盛: 約1.9mm

衛星までの距離ラベル無し
(相対測位必須)

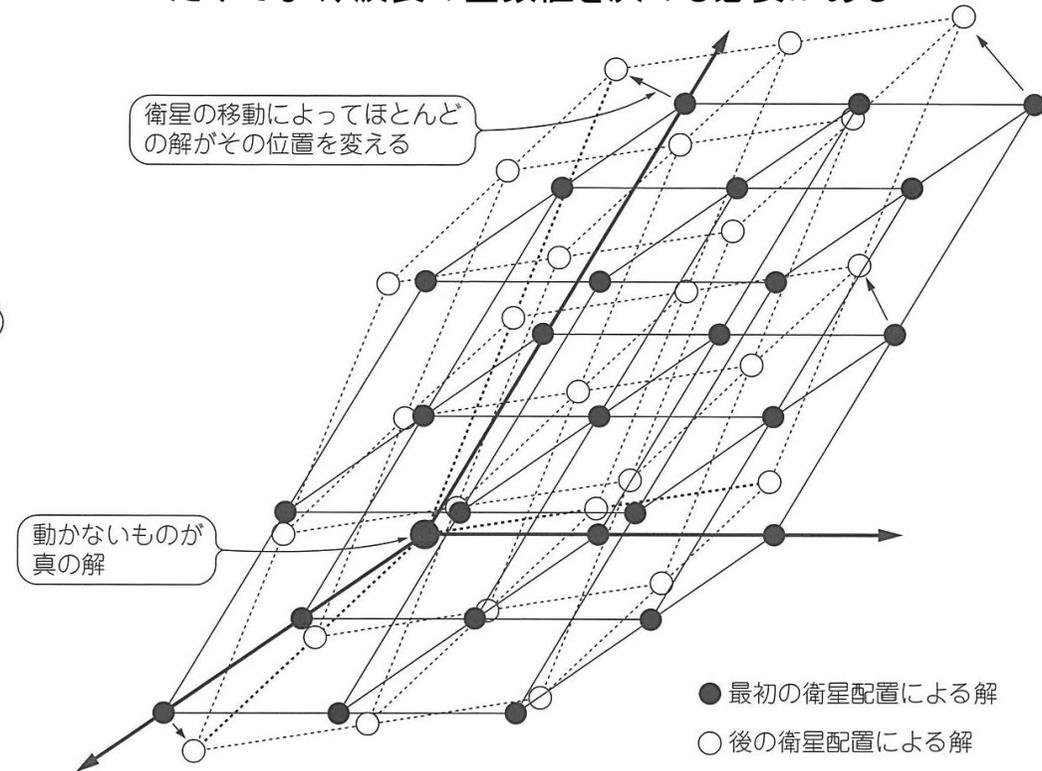
搬送波を利用した干渉測位



受信機を二つ用意すれば
電離層や大気中の影響を
キャンセルできる

$$\text{行路差} = (\text{波数} + \text{位相}/360) \times \text{波長}(19\text{cm})$$

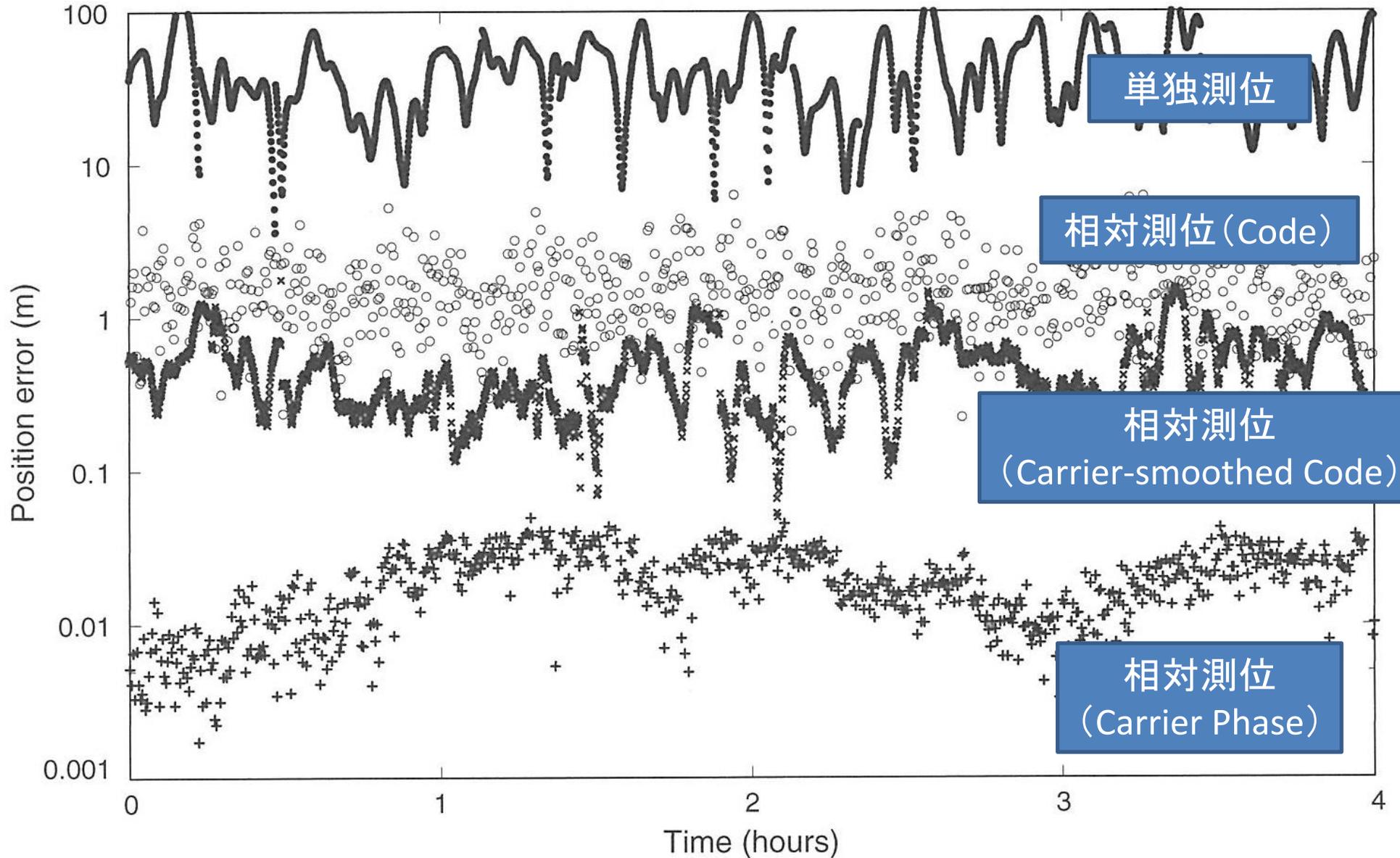
衛星からの距離を表すには、1波長以下の位相
だけでなく、波長の整数値を決める必要がある



多数の測位データ候補の中から
時間が経過しても値が変わらない
ものを選び真値とする

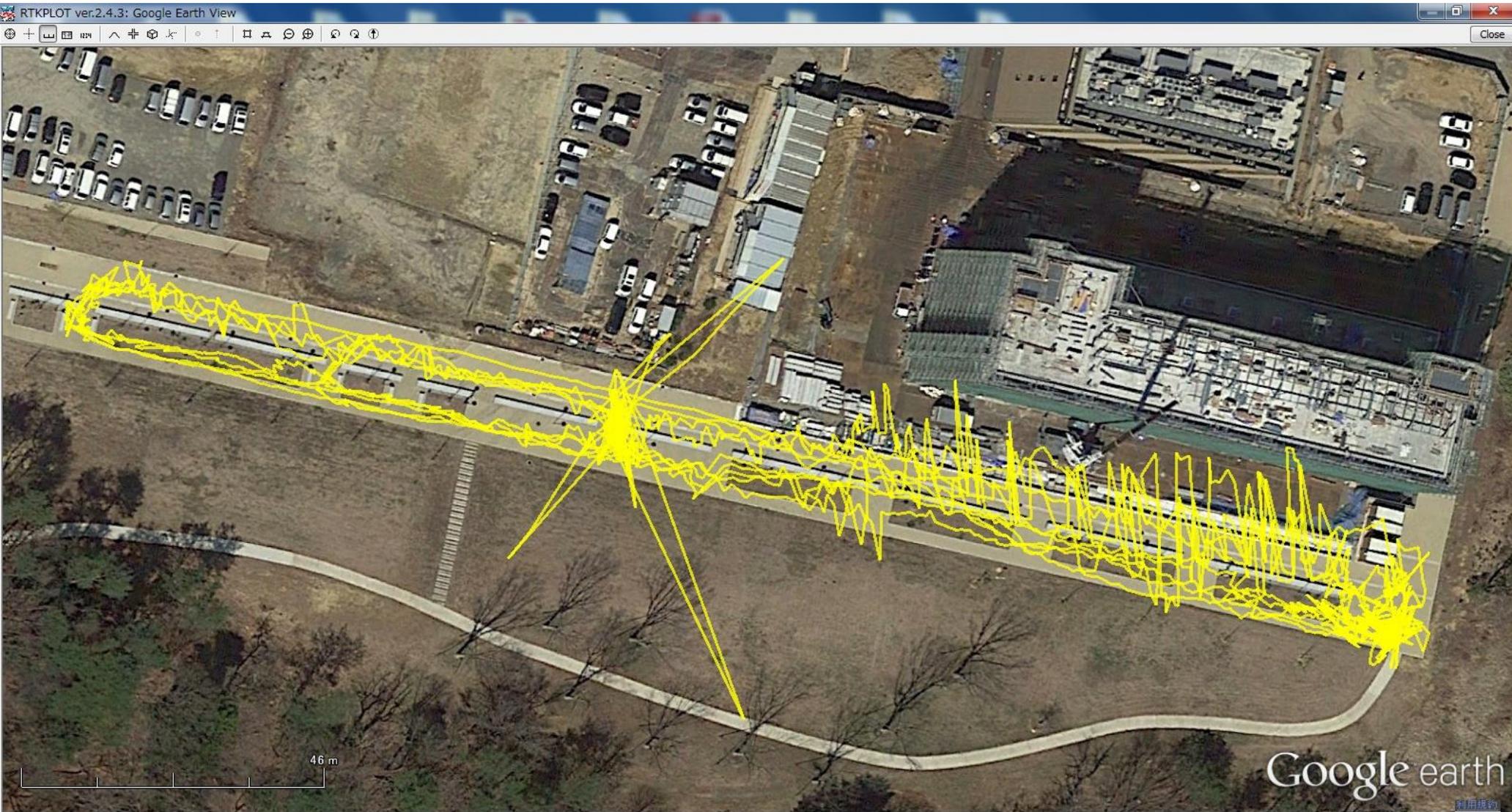
この方法には通常20分程度かかる
複数の周波数の電波を使うことで
時間短縮できる

GPS の測位誤差



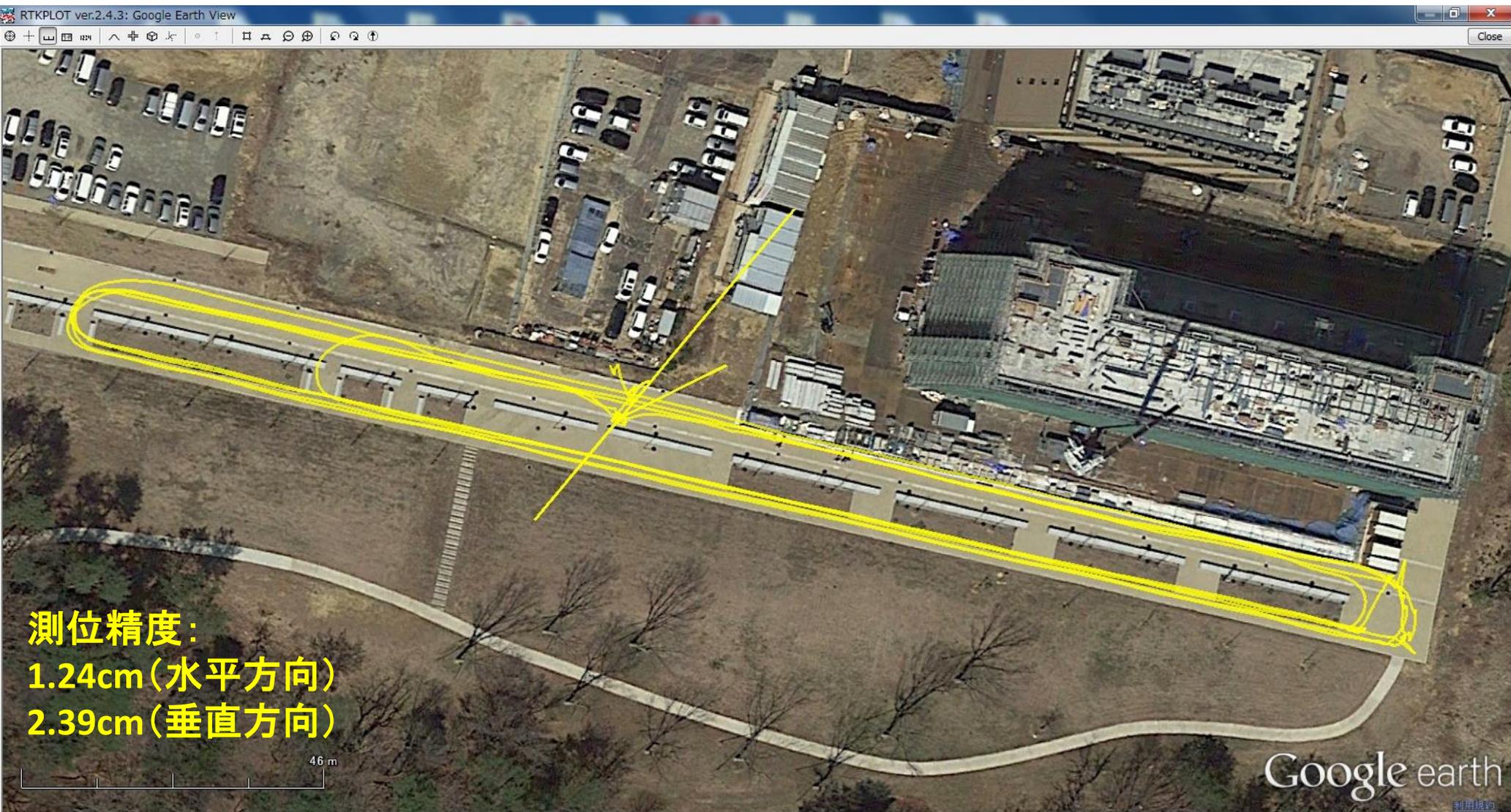
Ground Tack (ディファレンシャルGNSS)

15

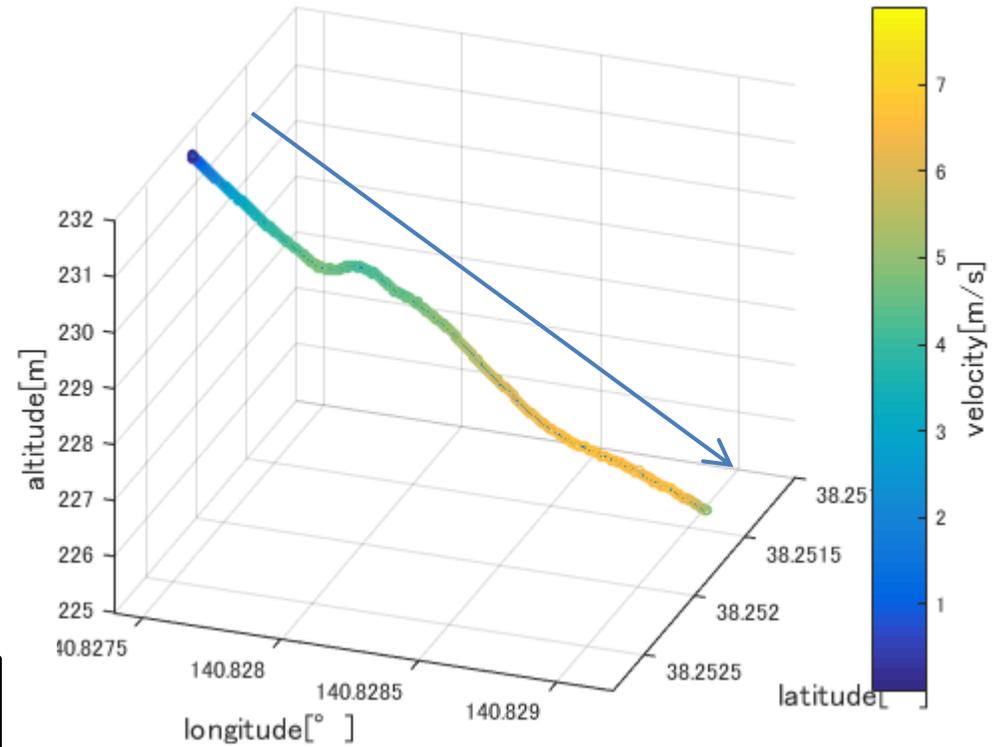


2015/10/20 NICHe裏

Ground Track (キネマティックGNSS)

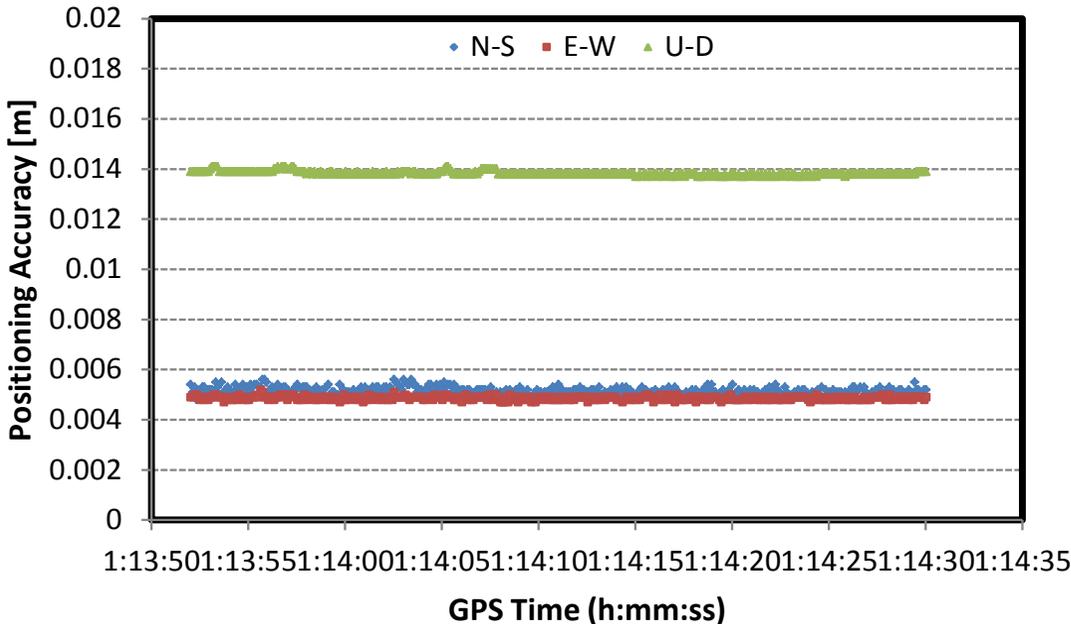


Measurement Examples (Tricycle)

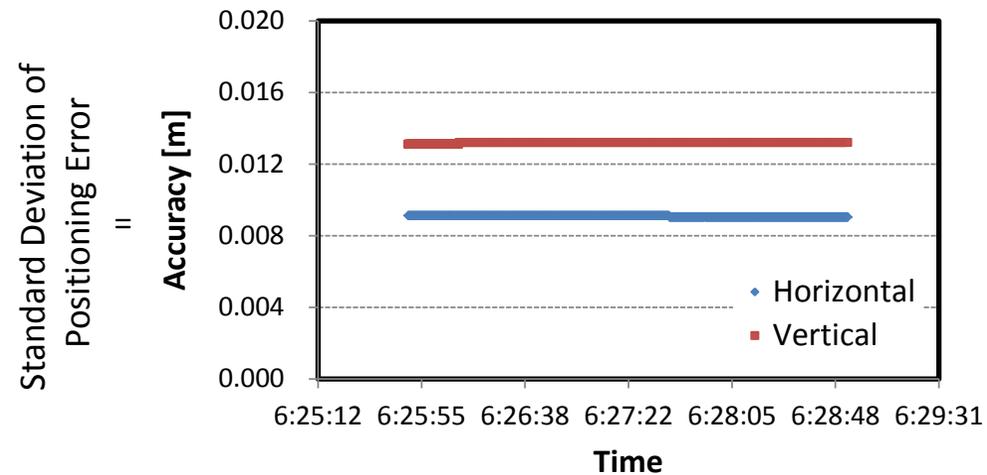
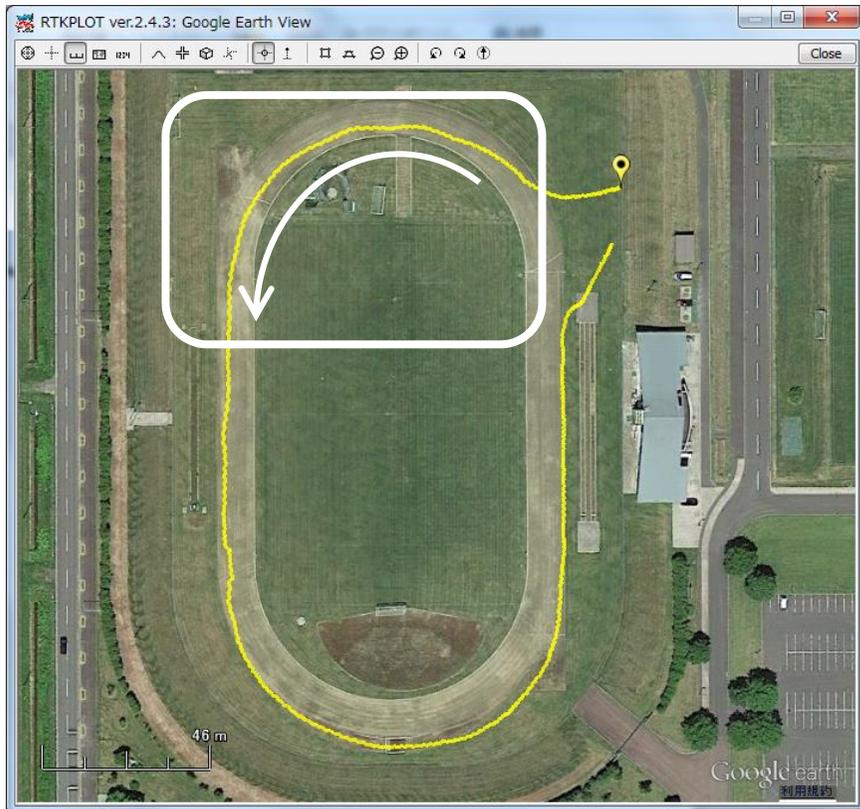
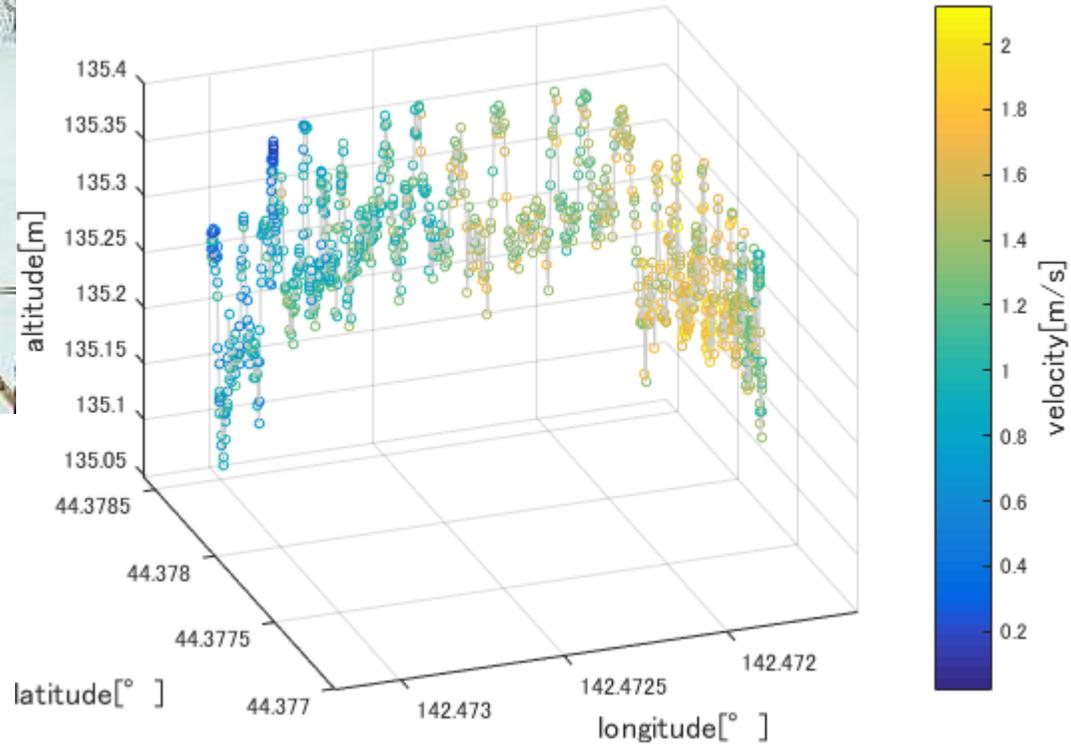


Measurement using Trike SE3 was conducted.

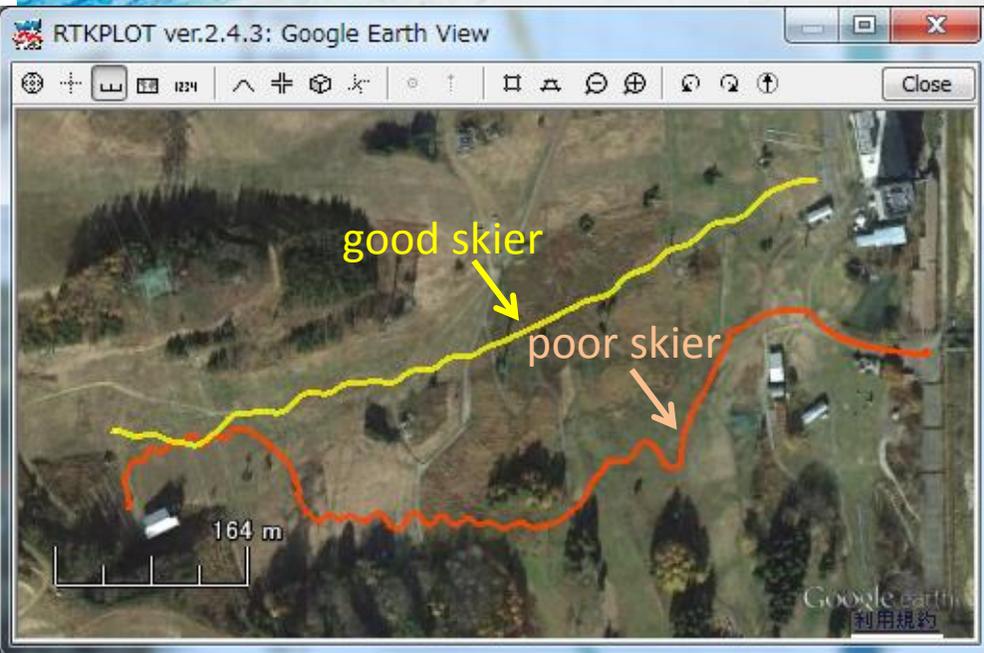
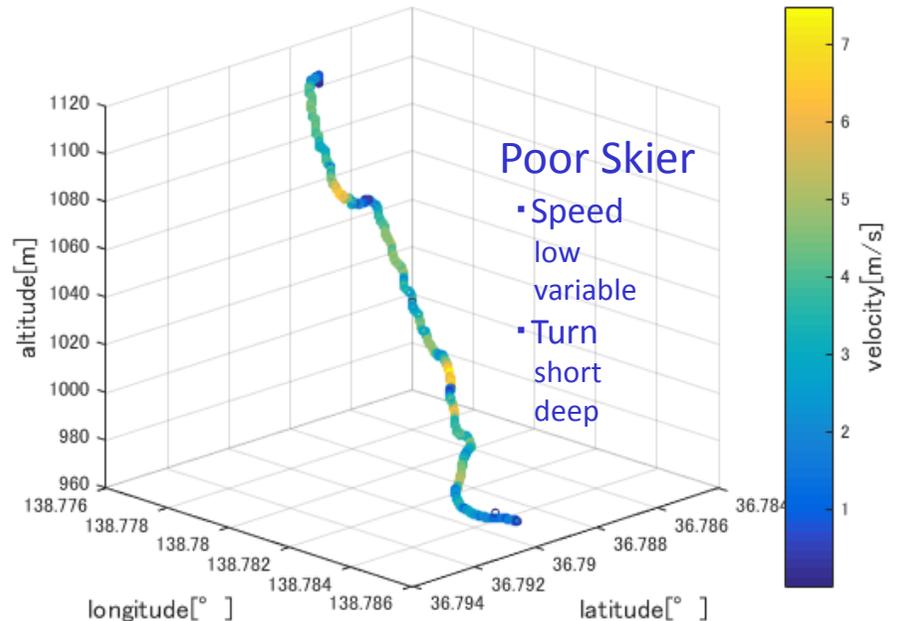
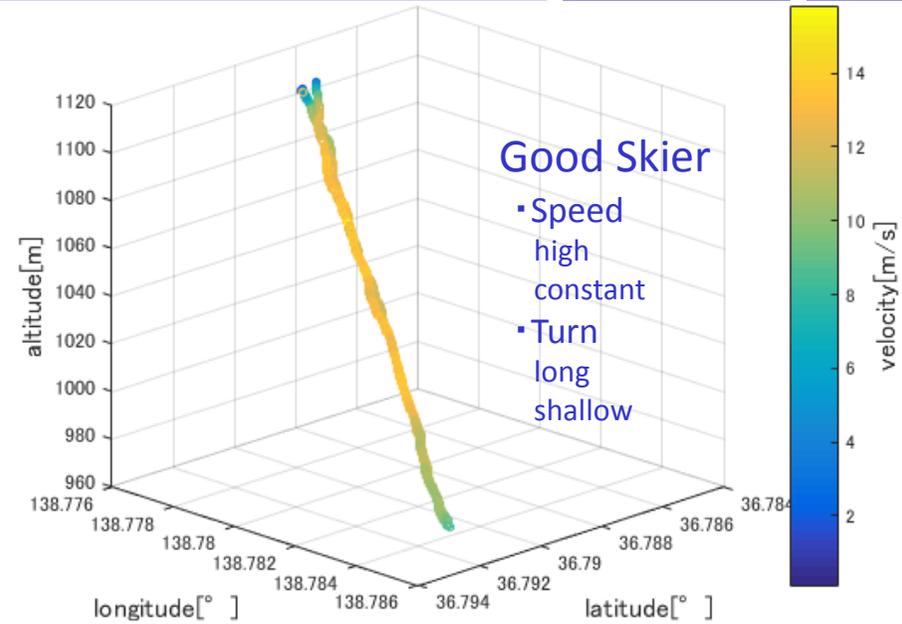
Horizontal positioning accuracy of **5mm** and vertical positioning accuracy of **14mm** were observed.



Cross Country Ski : Skating



Alpine Skiing : Good Skier vs. Poor Skier



Snowboard : Slalom Race

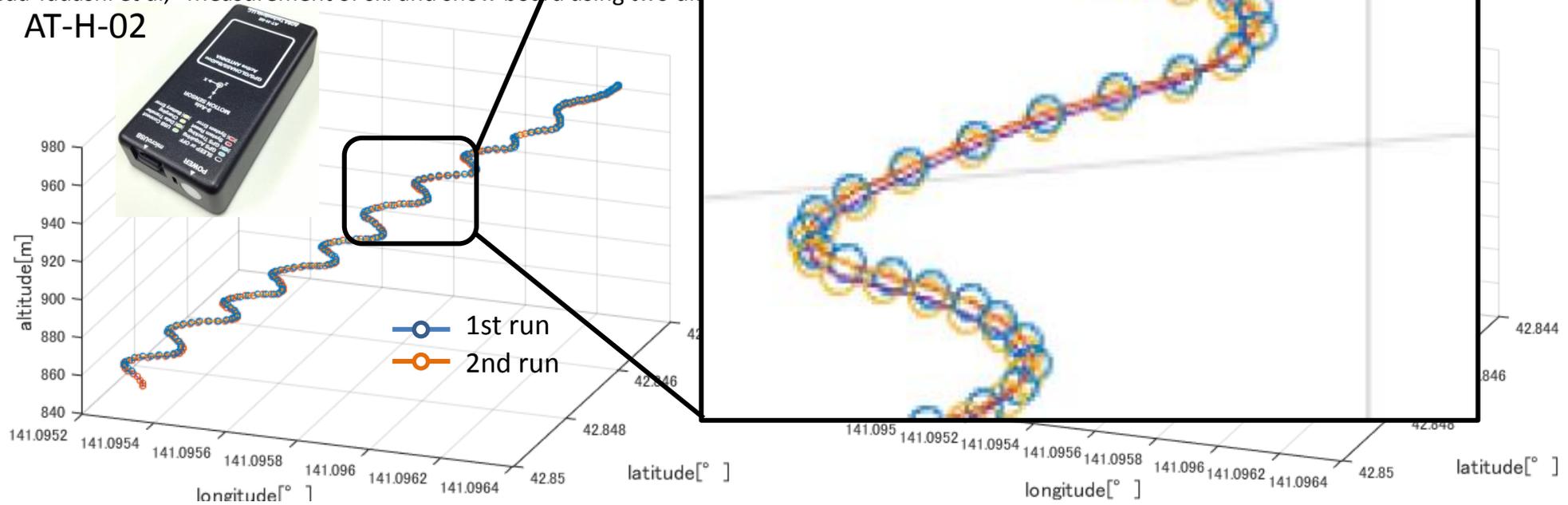
1st run

2nd run



Takeda Tadashi et al, "Measurement of ski and snow board using two dif

AT-H-02



Skeleton : Push Time

Push time using Photoelectric tube

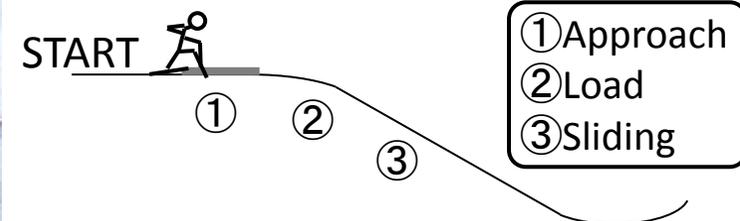
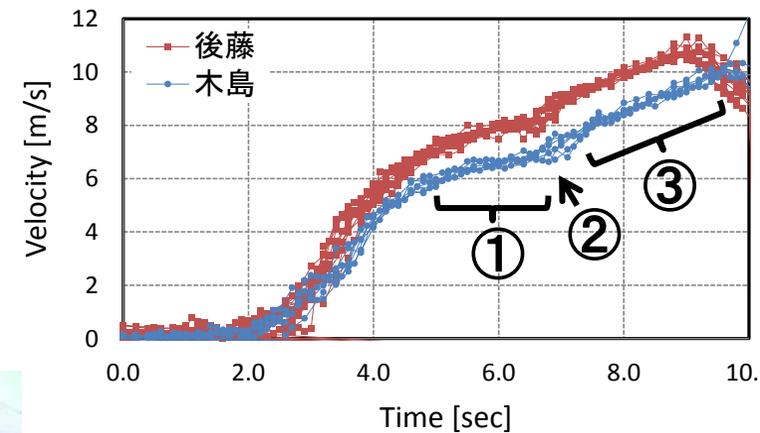
Goto

①2"91 ②2"81 ③2"81 ④2"79 ⑤2"78
⑥2"81 ⑦2"88 ⑧2"80 ⑨2"80 ⑩2"80
⑪2"83

Kijima

①3"15 ②3"11 ③3"18 ④3"23 ⑤3"14
⑥3"12 ⑦3"10

Velocity using Kinematic GPS



スノースポーツ用具開発の意義

五輪優勝記録の変遷

五輪大会 種目	1924年パリ シャモニー	2012年ロンドン 2014年ソチ	短縮率
マラソン 42.195km	2時間41分22秒	2時間08分01秒	0.79
XCスキー 50km	3時間44分32秒 平均時速13.4km/h	1時間46分55秒 平均時速28.1km/h	0.47



優れた用具を、
いち早く開発し、
いち早く使いこなした
者に栄冠は輝く

用具の進歩

	1924年	2014年
スキー板	木	樹脂+合板+中空ハニカム構造
滑走面	木	超高分子量ポリエチレン
ストック	竹	カーボン
ワックス	松ヤニ	フッ素系化合物
ブーツ	革	樹脂+カーボン
ウェア	ウール	伸縮性化学繊維
コース整備	つぼ足	圧雪車+トラックセッター

用具の革新

規則改正

競技力向上

競技の変質

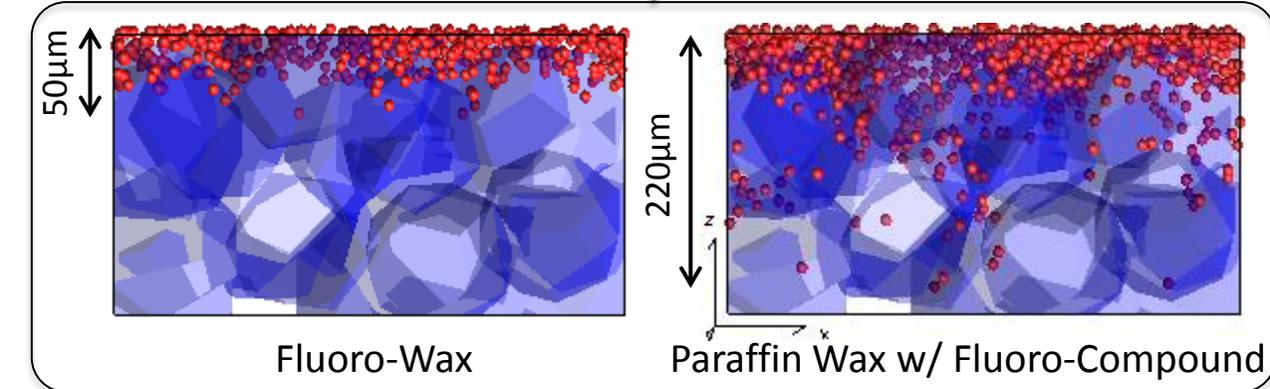
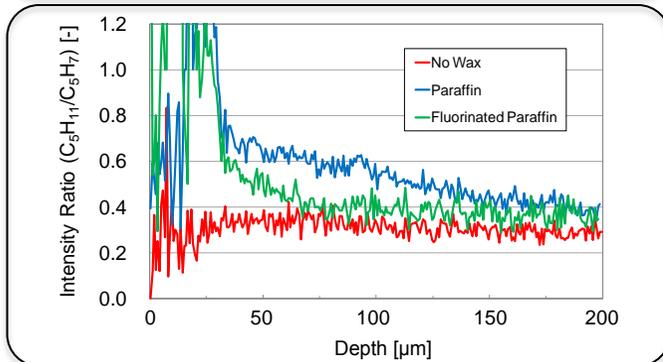
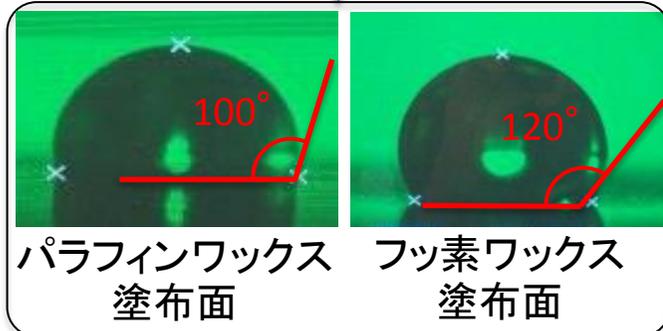
スキーワックスの要求項目

スキーヤーの視点 ① 滑走性 ② 耐久性

官能試験

科学的指標 ① 低摩擦性↓ ② 撥水性↑ ③ 浸透性↑

定量評価

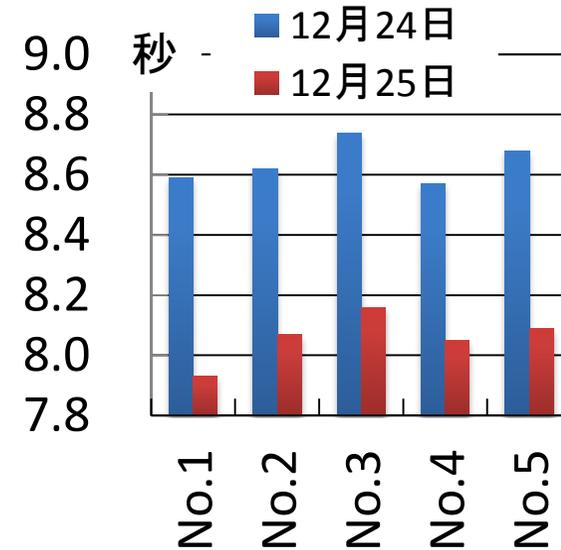
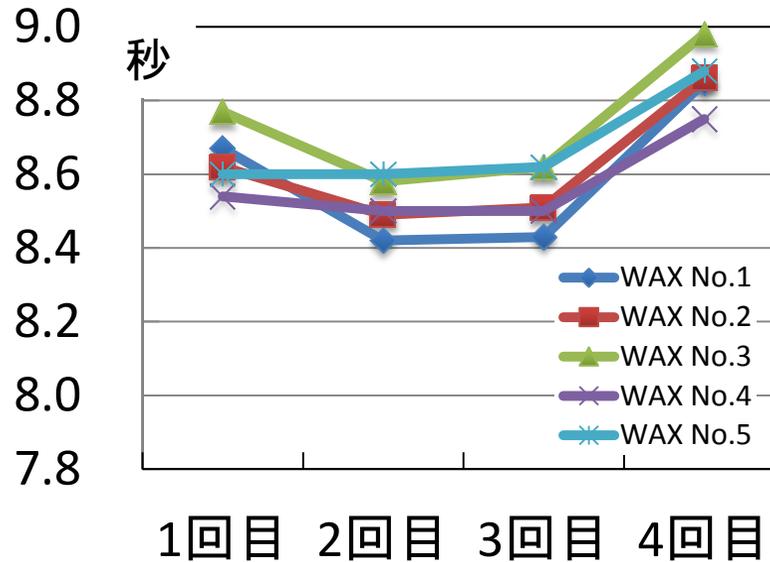


Wax Molecules Permeate UHMW-Polyethylene
for 300 sec. at 120 °C
Simulated by Computational Chemistry

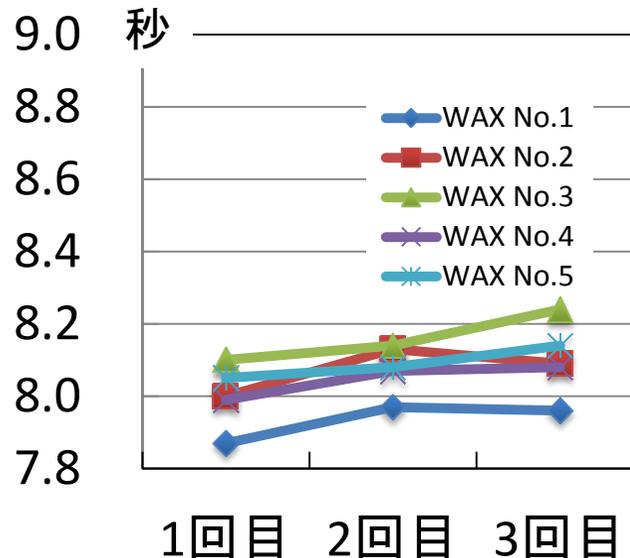
高精度計測：従来方法によるテスト結果例と問題点

実験方法：5セットのスキー板にNo.1～5のワックスを塗布、距離20mの滑走タイムを計測

日時：2014年12月24日
9:00～11:00
天候：雪
雪質：パウダー
場所：北海道某所
気温：-5.0°C → -4.0°C
雪温：-3.2°C → -2.7°C
湿度：80% → 79%



日時：2014年12月25日
9:30～12:00
天候：小雪のち雪
雪質：パウダー
場所：北海道某所
気温：-7.0°C → -6.0°C
雪温：-6.0°C → -5.5°C
湿度：80% → 70%

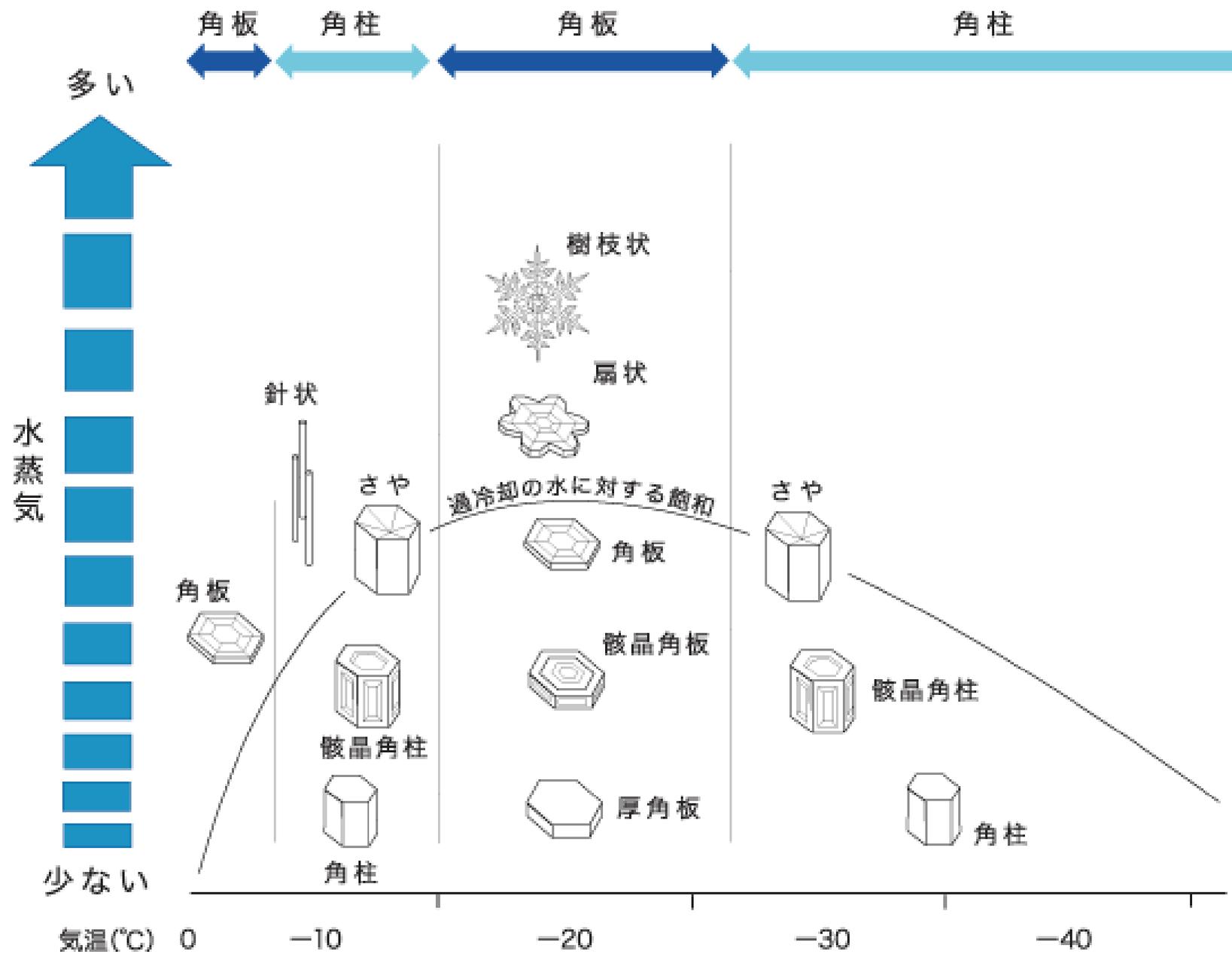


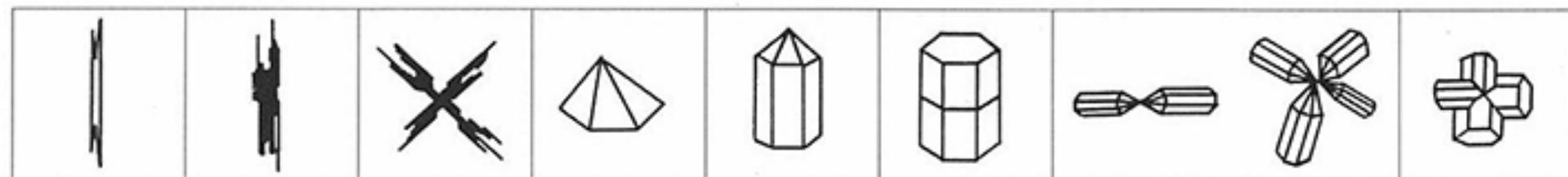
24日と25日の違いは？
気温？雪温？雪質？風向？風速？

風速、風向、瞬間速度、
動摩擦係数 等を計測
=> データベース化

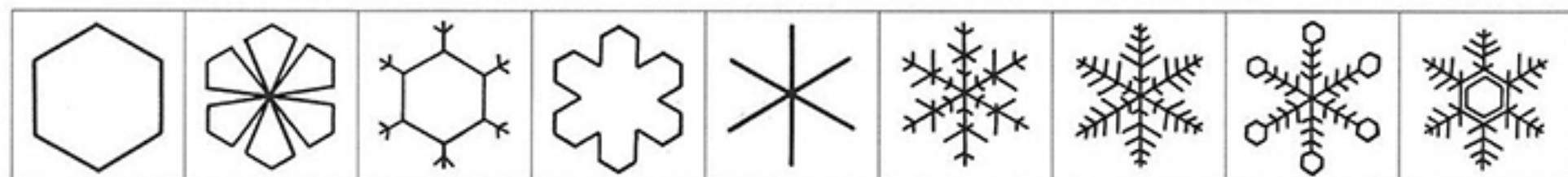
動摩擦係数目標値
の定量化

雪の結晶と温度・飽和水蒸気量との関係

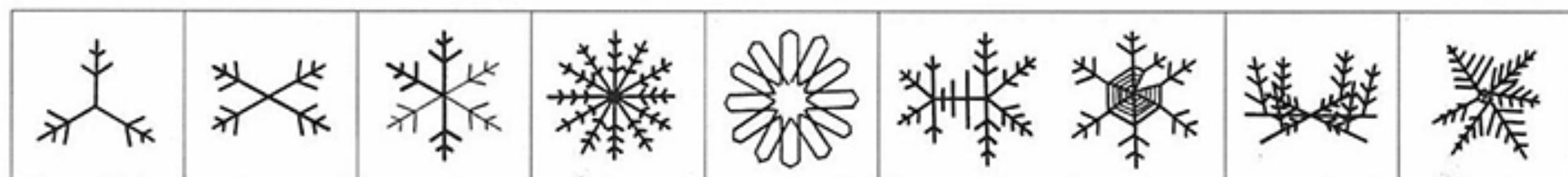




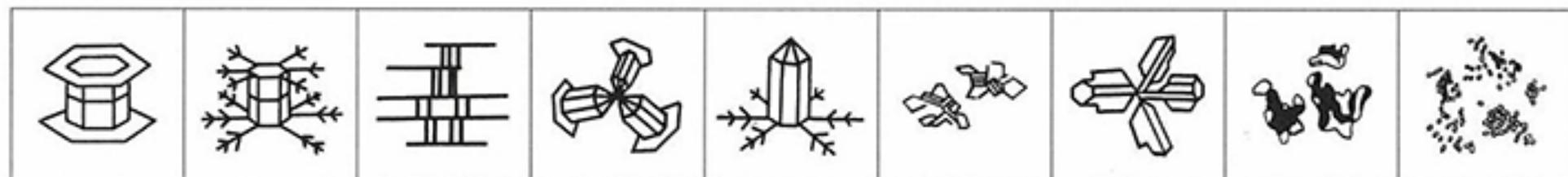
針 針のたば 針の組み合わせ 角錐(かくすい) 砲弾(ほうだん)型 角柱 砲弾の組み合わせ 角柱の組み合わせ



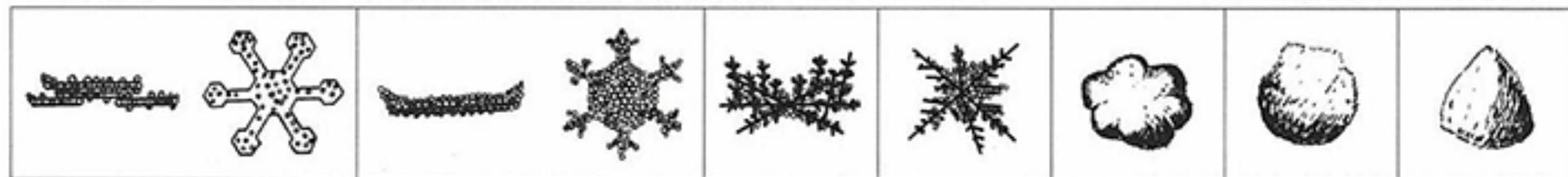
角板 扇形 枝の付いた角板 広幅六花 星状六花 樹枝状六花 シダ状六花 角板の付いた樹枝 樹枝の付いた角板



三花 四花 上下組み合わせ六花 シダ状十二花 広幅十二花 形の整わない六花 立体六花 立体放射状

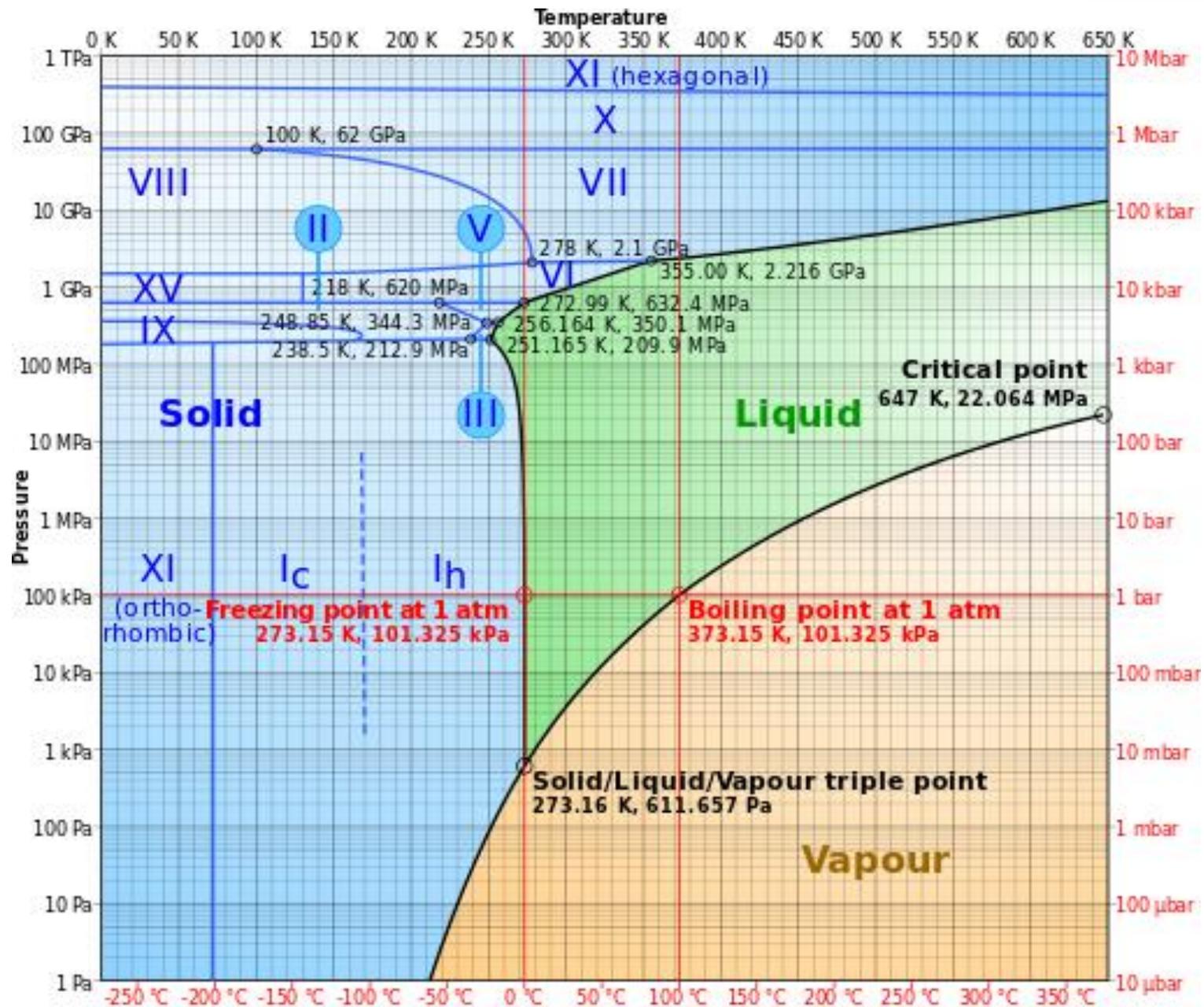


つつみ型 (角柱と角板) つつみ型 (角柱と樹枝) つつみ型 (段々つつみ) 角板の付いた砲弾 樹枝の付いた砲弾 不規則な集合 (粉雪) 交差した角板 形が定まらない雪 (氷のかけら状) (霰粒付き)

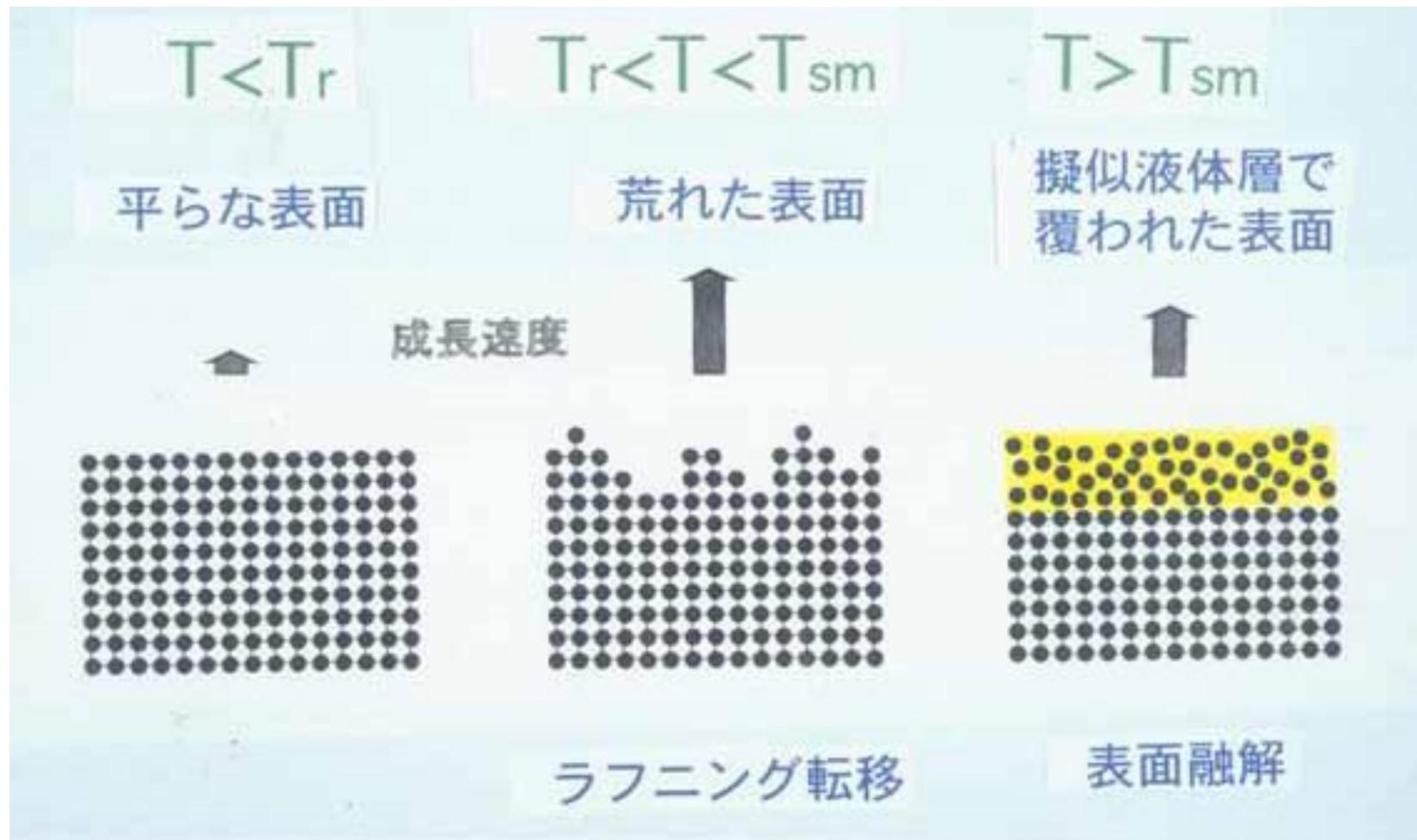


霰粒の付いたいろいろな結晶 霰粒の付いた厚い板 あられ状雪 (六花状) あられ状雪 (かたまり状) あられ (六花状) あられ (かたまり状) あられ (円錐状)

Water State Diagram



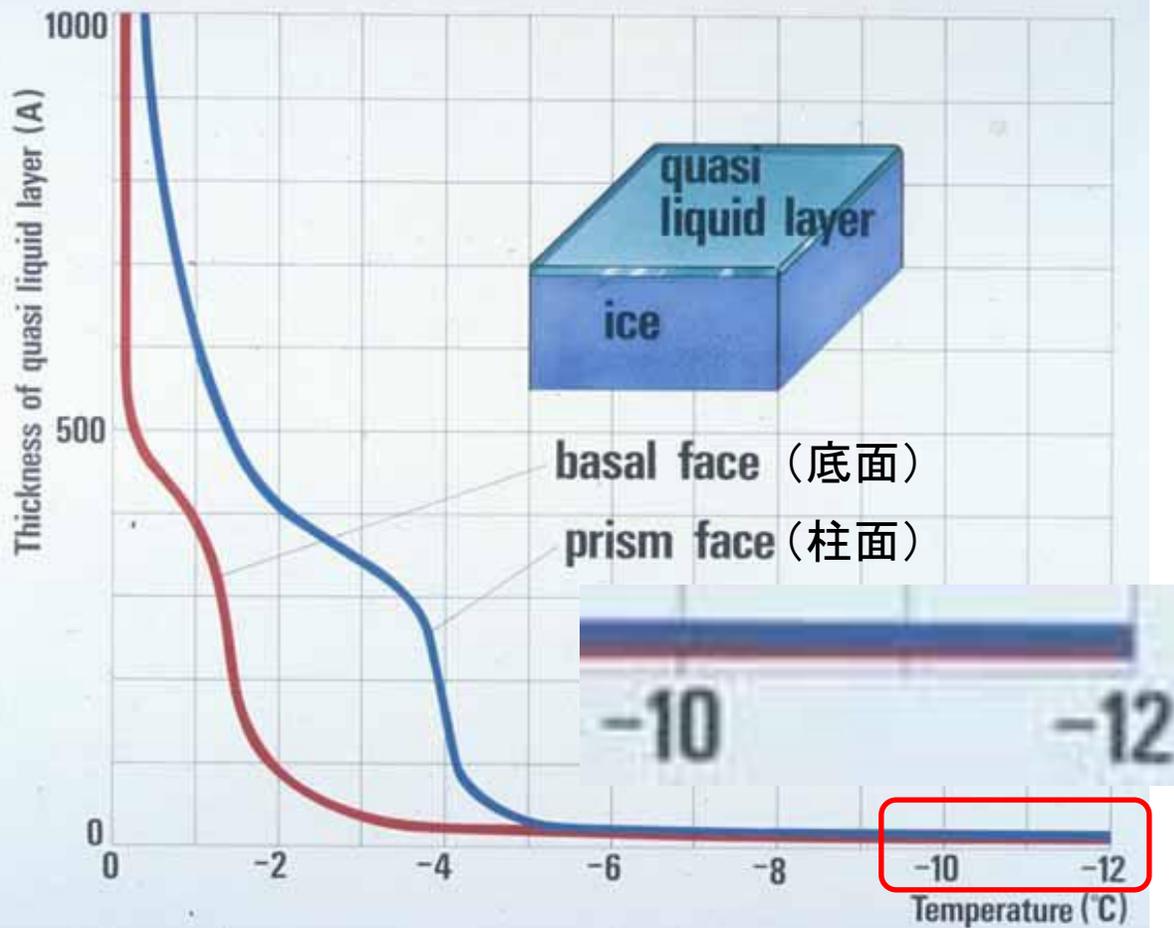
融点近傍での結晶表面の構造相転移



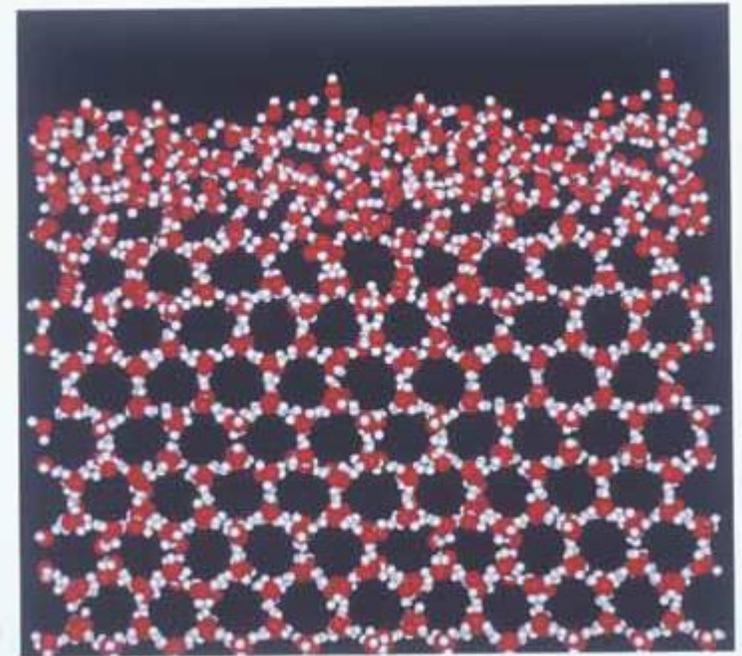
北海道大学低温科学研究所 (<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/ptdice/basis.html>)

結晶の表面は、融点に近い温度領域になると薄い液体層で覆われた方が安定になることが知られています。このような現象は表面融解と呼ばれるもので、結晶表面の構造相転移の一種と考えられています。

Quasi Liquid Layer



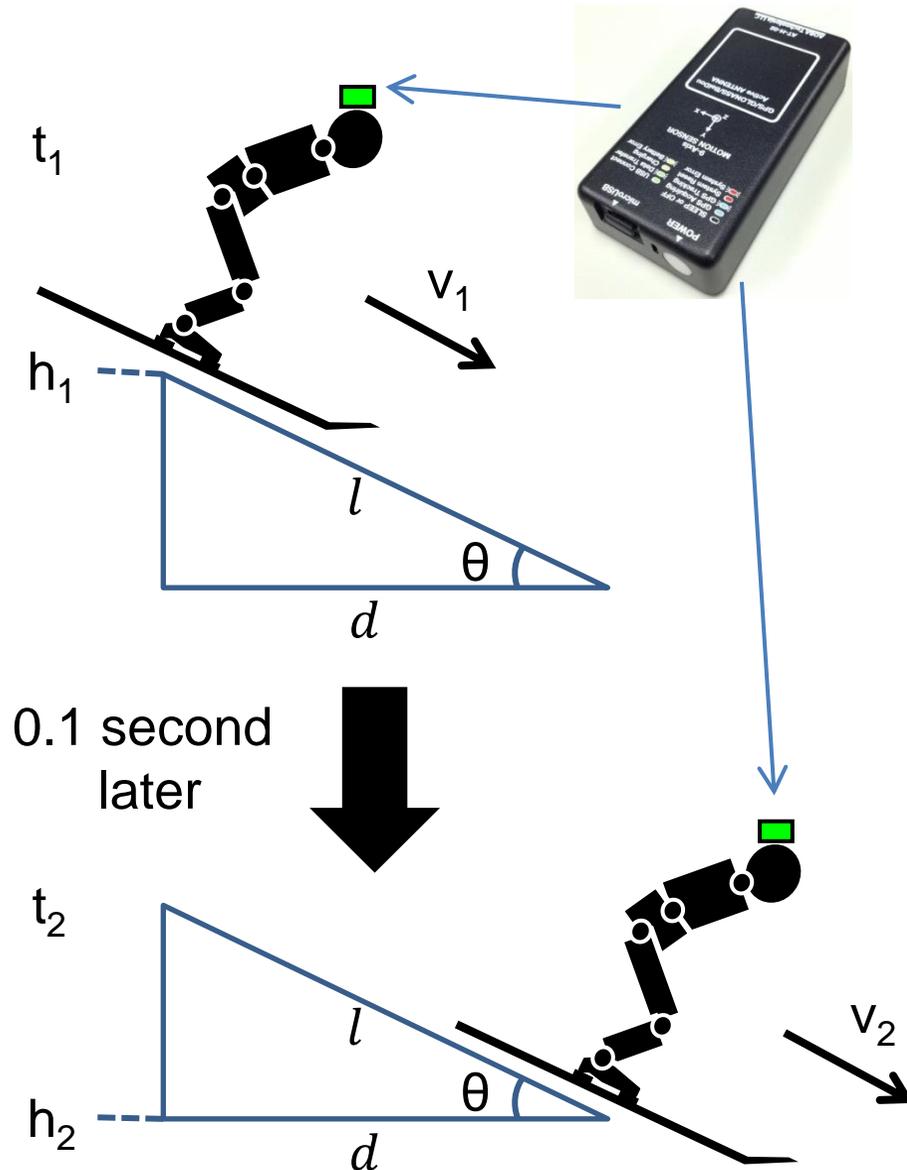
Prismatic face of ice crystal at 255K



北海道大学低温科学研究所 (<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/ptdice/basis.html>)

雪の結晶の形態変化、雷の発生、凍上現象、スケート、酸性雪の生成、復氷、焼結など雪や氷に関するさまざまな現象がこのような構造相転移と関連して議論されています。

Friction Estimation



At $t=t_1$

Kinetic energy $K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$

Potential energy $P_1 = mgh_1$

At $t=t_2$

Kinetic energy $K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$

Potential energy $P_2 = mgh_2$

Friction energy $F = \mu lmg \cos \theta$ 12.49N

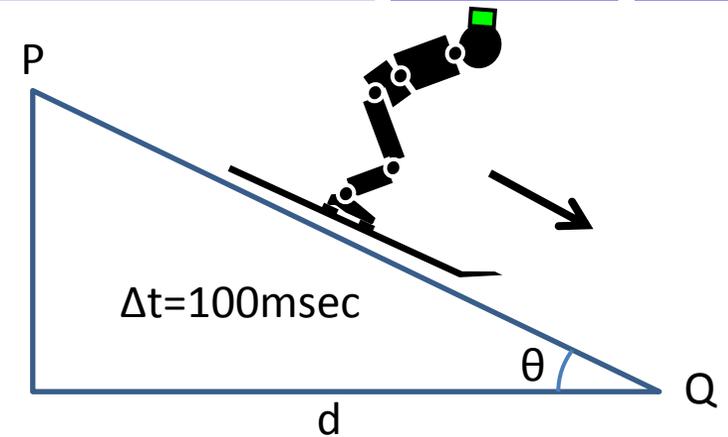
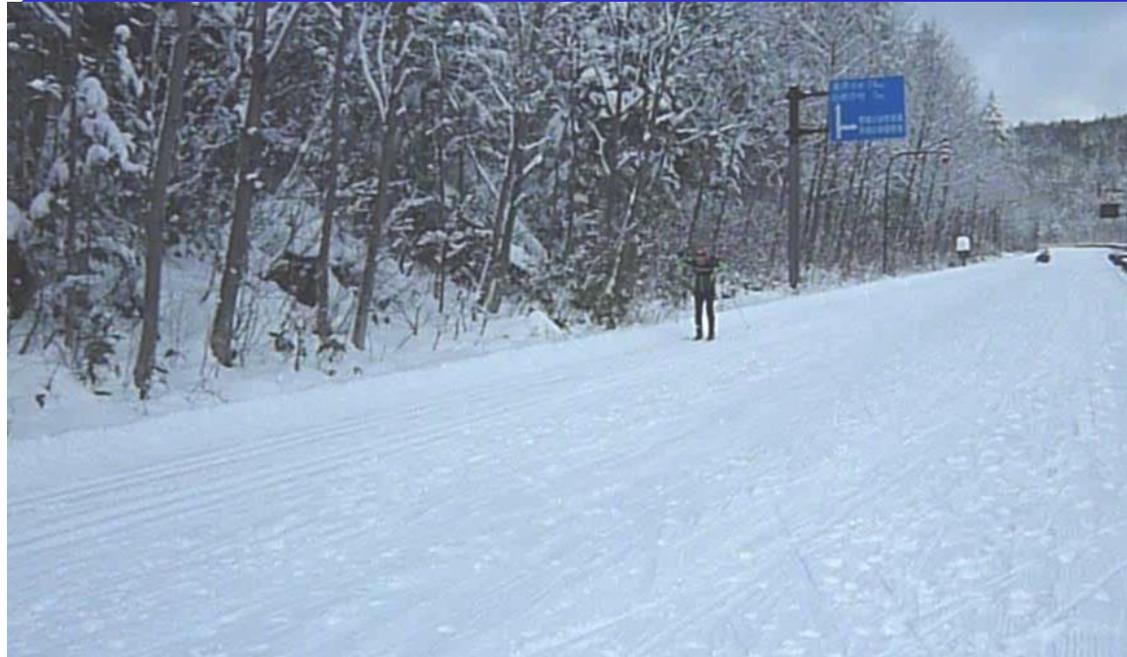
Drag energy $D = \frac{1}{2}\rho l C_D A v^2$ 0.207N

Here we assume that D is negligible small

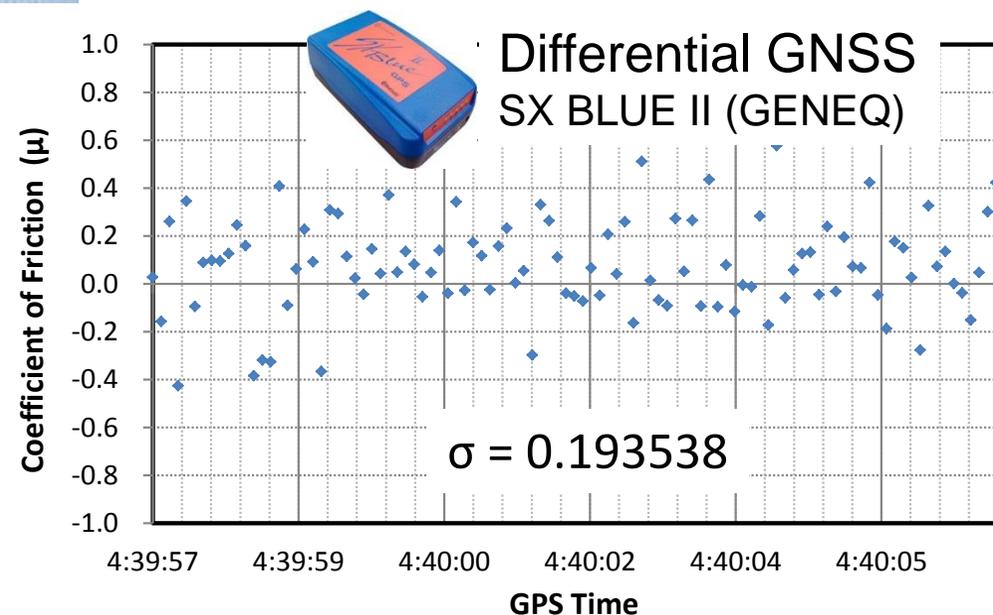
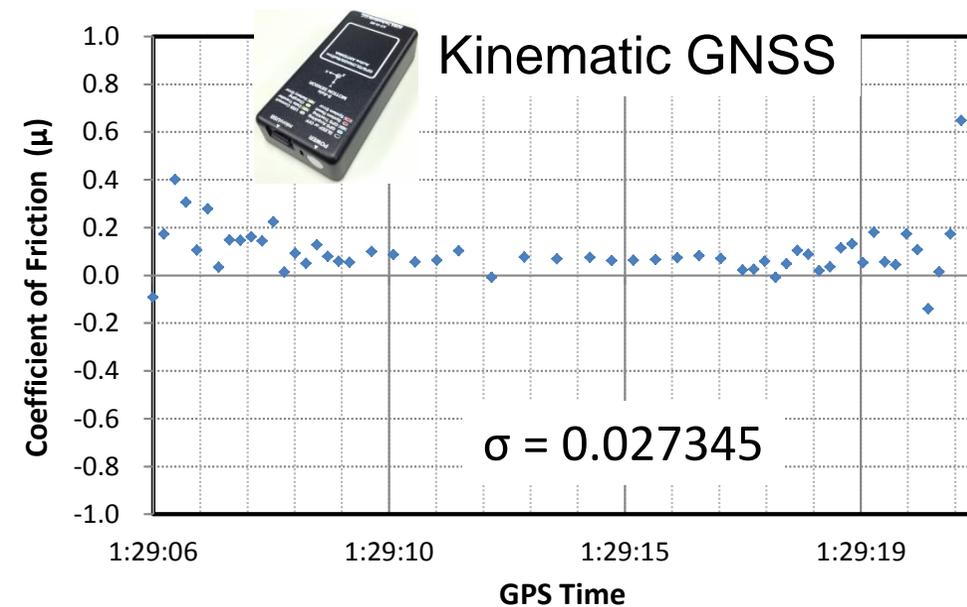
From law of conservation of energy

$$\mu = \frac{h_2 - h_1}{d} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2gd}$$

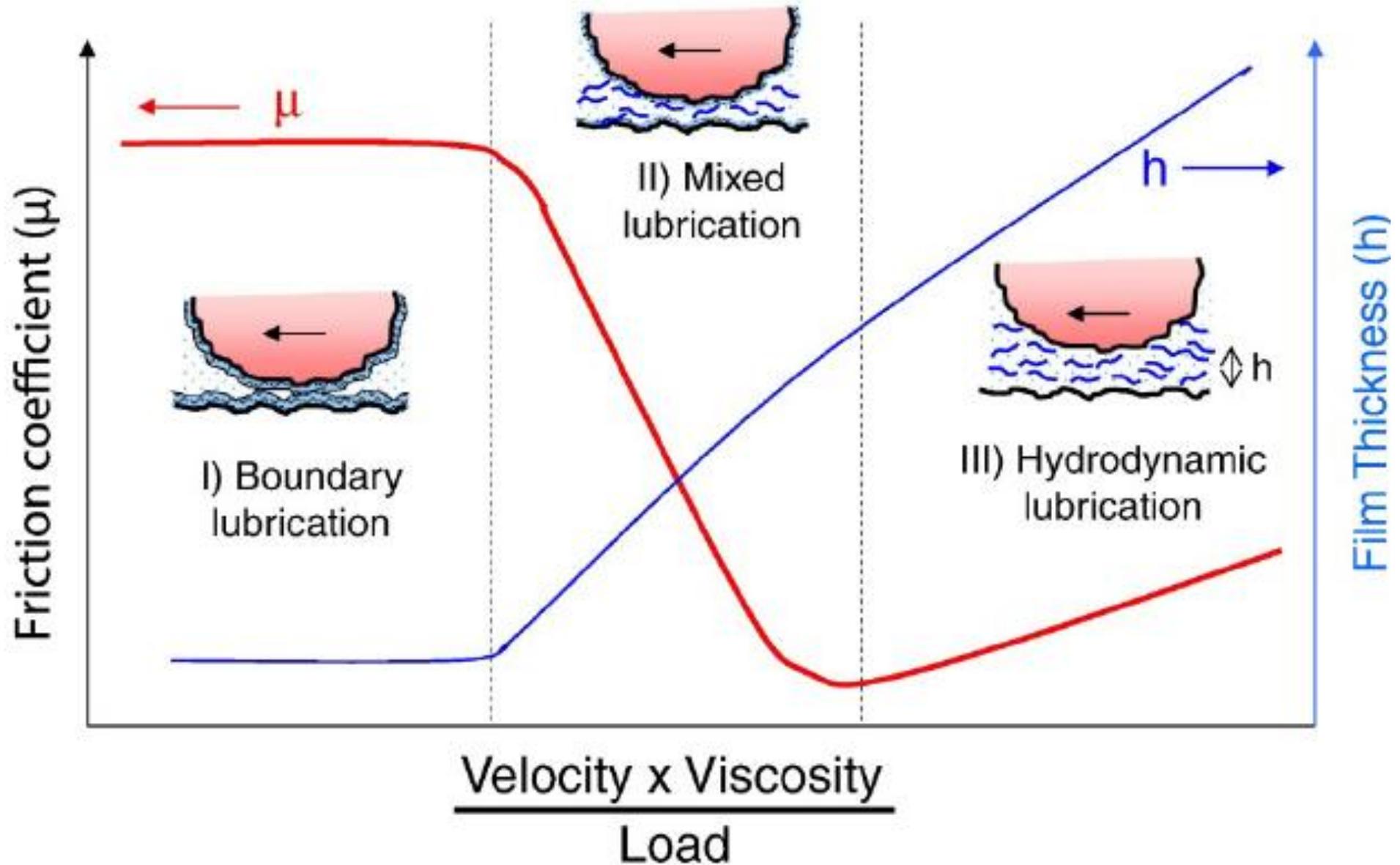
摩擦係数のフィールド計測



$$\mu = \frac{h_P - h_Q}{d} + \frac{v_P^2 - v_Q^2}{2gd}$$

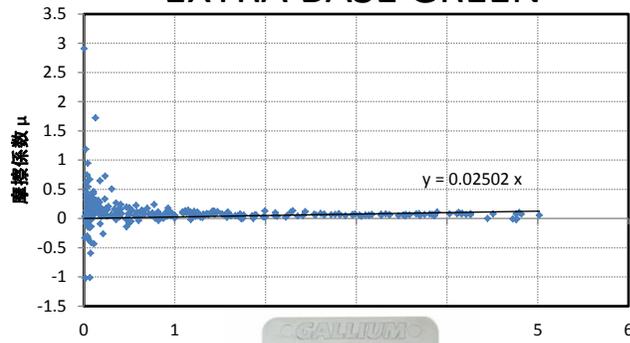


Stribeck Curve

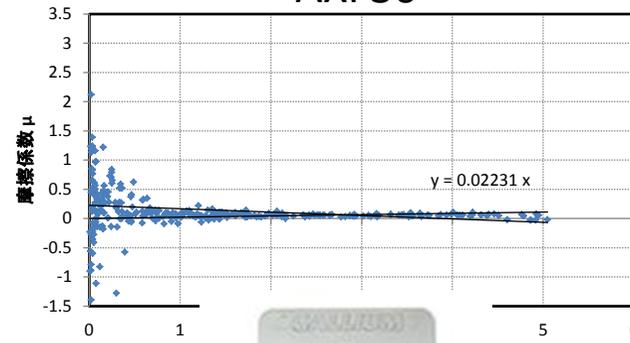


Stribeck Curve

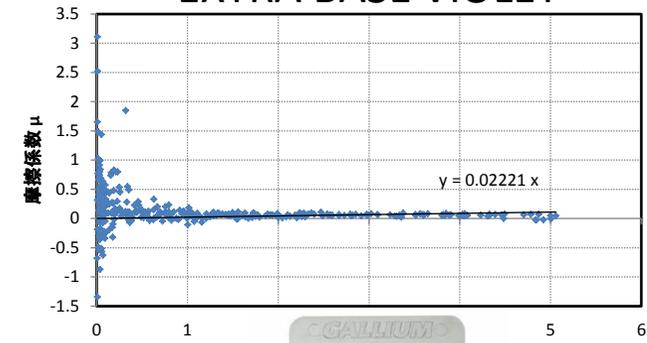
EXTRA BASE GREEN



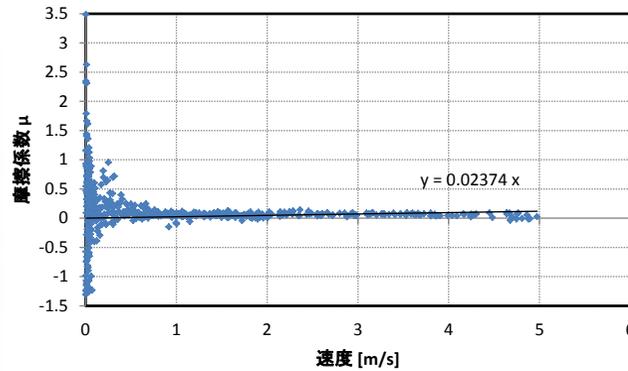
AXF30



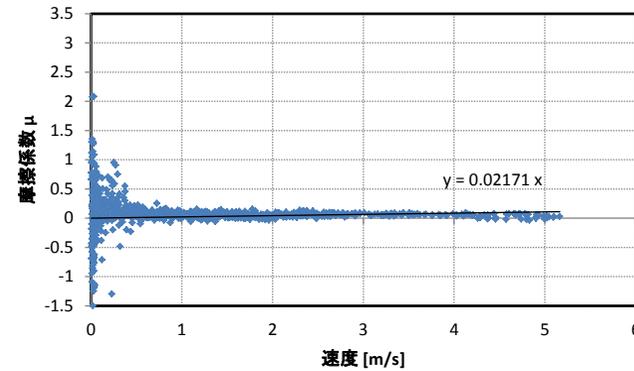
EXTRA BASE VIOLET



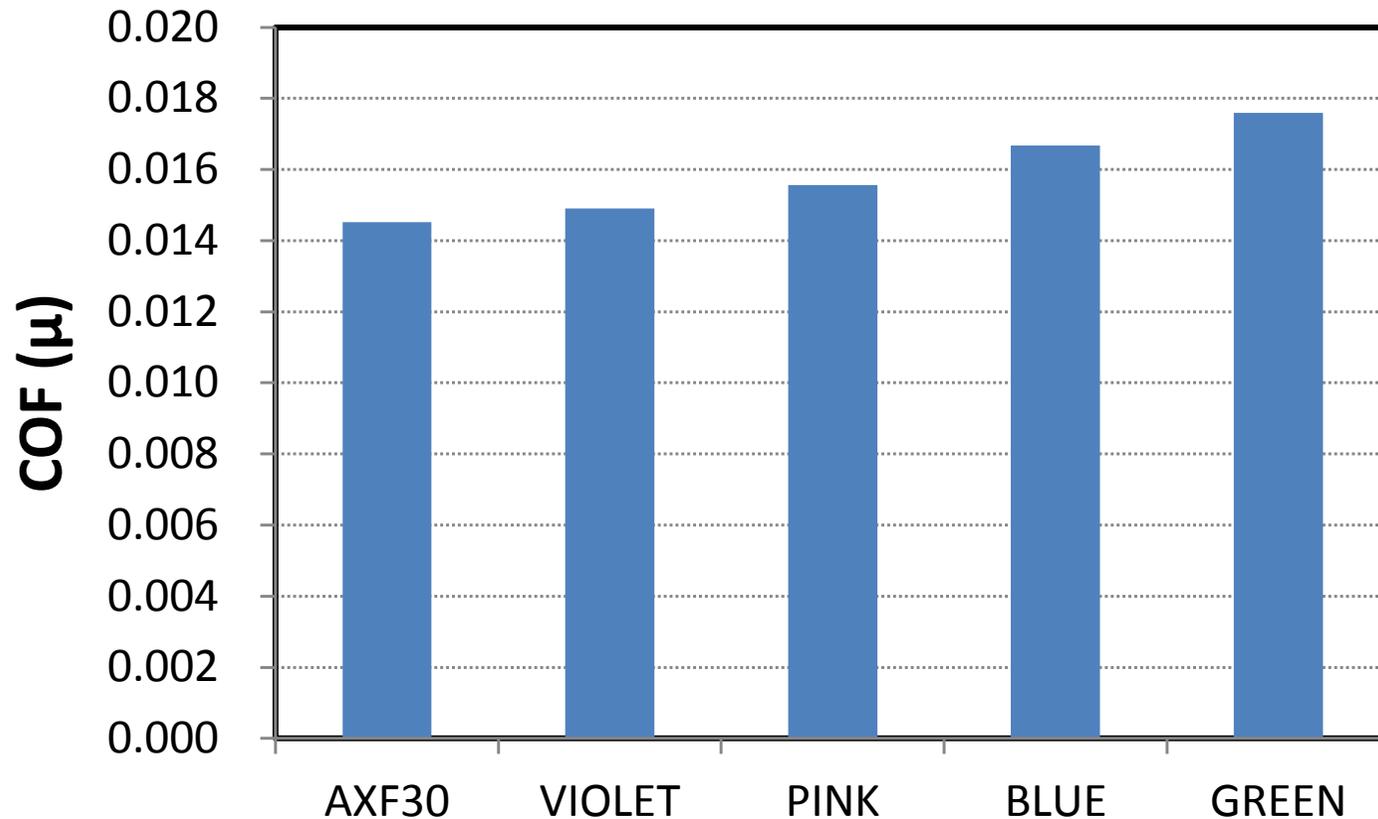
EXTRA BASE BLUE



EXTRA BASE PINK



Experimental Results



Air Temp. : 2.7°C Snow Temp. : -0.8 ~ -0.7°C Humidity : 40%RH Snow : New & Wet

	AXF30	VIOLET	PINK	BLUE	GREEN
Temp. Range	-4 ~ 3°C		0 ~ 10°C	-12 ~ -3°C	-20 ~ -10°C
COF (μ)	0.01452	< 0.01490	< 0.01556	< 0.01668	< 0.01759
Max. Velocity	5.047 (3rd)	5.058 (2nd)	5.163 (1st)	4.974 (5th)	5.016 (4th)

まとめ

- 携帯型高精度キネマティックGNSSの開発
 - 小型 (78 x 38 x 18 mm³), 軽量 (69g)
 - ミリメートル級の測位精度
 - 安価 (100,000 Yen ~)
 - 産学連携, 大学発ベンチャー
- アプリケーション
 - 自転車 (Tri-Cycle)
 - スキー (アルペンスキー, スノーボード, クロスカントリースキー)
 - 摩擦係数のフィールド計測

携帯型高精度GNSSは
さまざまなアプリケーションで有効であることがわかった

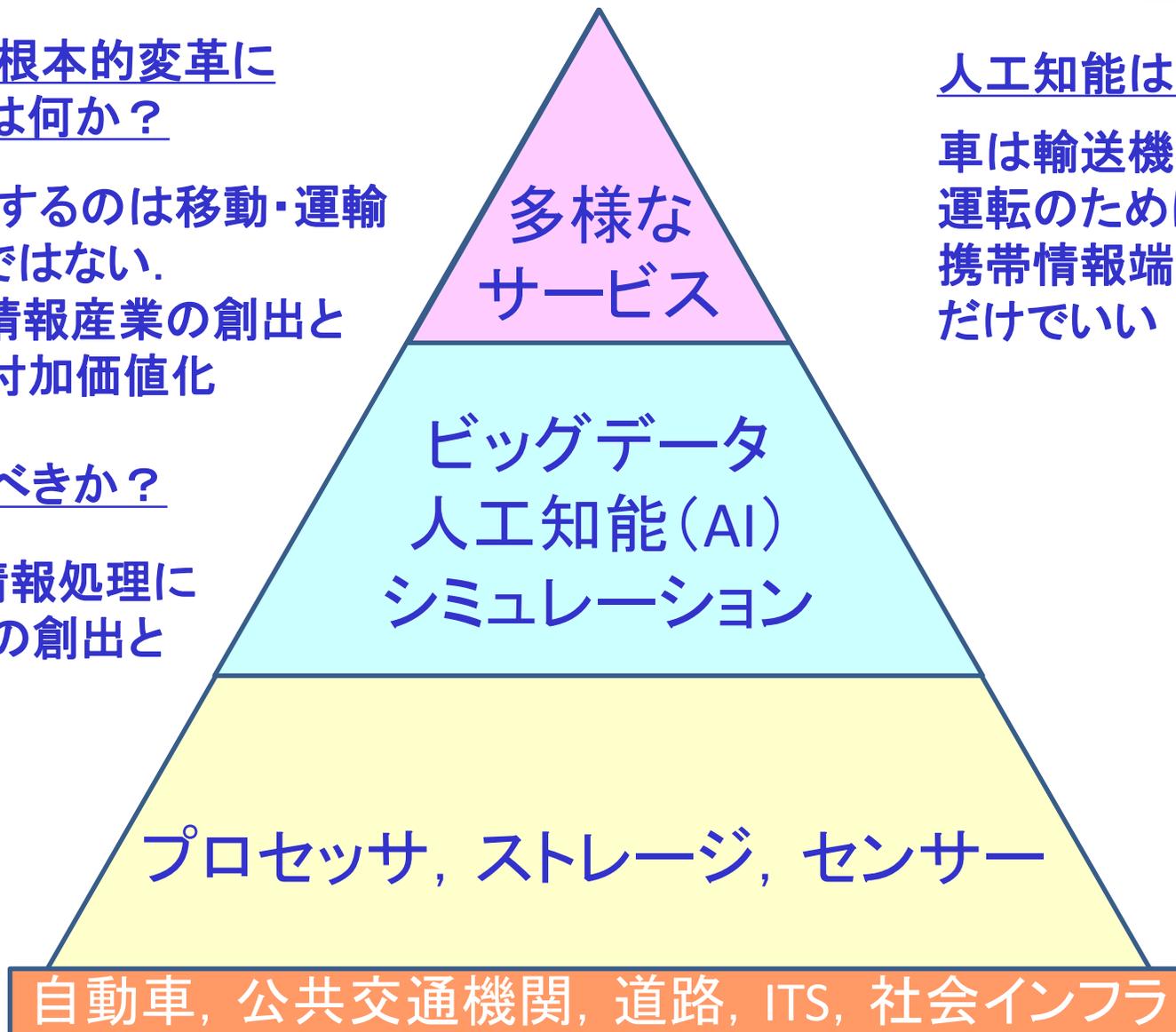
高度情報化社会の到来

自動車産業の根本的変革に
立向かう方策は何か？

自動車を提供するのは移動・運輸
サービスだけではない。
新しい多様な情報産業の創出と
サービスの高付加価値化

我々は何をすべきか？

データ処理, 情報処理に
関する新技術の創出と
実用化



人工知能は既に人間を凌駕
車は輸送機器として、自動
運転のために必要なI/Fを
携帯情報端末に提供する
だけでいい

データドリブン型高度情報化社会: 情報を制する者が世界を制する