近未来の測位衛星について

流通情報工学課程
２００２７１０
小川　貴之
指導教官　安田　明生

研究の背景と目的

- GPSと同じような衛星航法システムとして、ロシアのGLONASS、欧州のGalileo、日本の準天頂衛星（QZS）が開発されている。

- まだ運用開始されていないGalileo、QZSによって、我々にどのような効果が得られるか調査する。

GPSについて

- GPS (Global Positioning System) は、米国国防総省 (DOD : Department Of Defense) により1973年から軍事目的で開発・整備を進められてきた、高精度衛星測位システムである。
- GPSの主な民間利用分野は、身近なカーナビゲーションシステム、携帯電話等である。
- 現在L1,L2の2周波。近代化でL5を追加。

Galileoについて

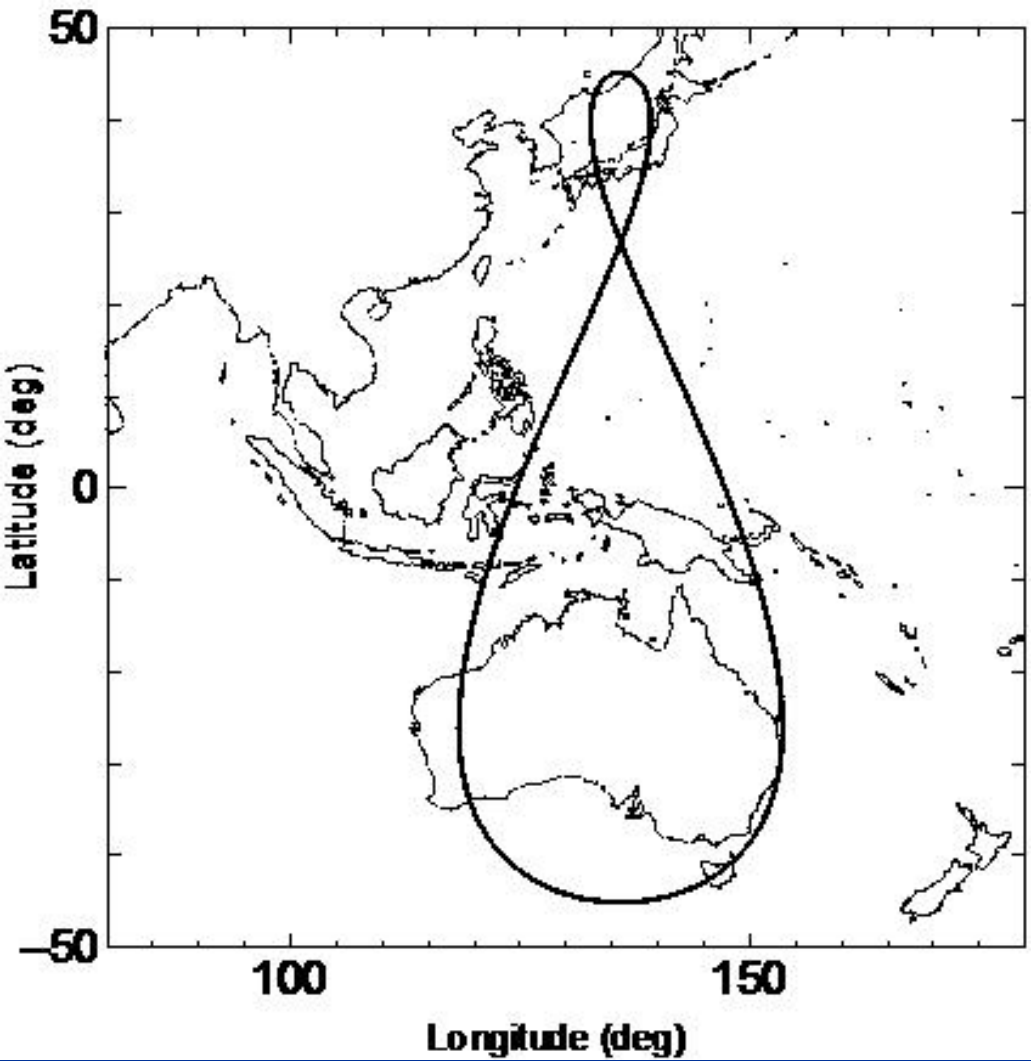
- Galileoシステムは、欧州連合（EU）及び、欧州宇宙機関（ESA: European Space Agency）による、衛星航法システムである。
- 昨年12月28日にテスト衛星「GIOVE-A」が打上げられた。
- 2010年までに30機（予備3機を含む）の衛星が打上げられる予定である。
- Galileoでは、E1,E2,E5,E6,C1の5つの周波数が予定されている。

準天頂衛星（QZS：Quasi-Zenith Satellite）について

- 準天頂衛星の最大の特徴は、名前のとおり、“準天頂”を通る“衛星”からの信号をほぼ真上から受信できることである。
- ビルや山なども気にすることなく利用でき、特に都心部や山間部での活用が期待されている。
- 2008年度に準天頂衛星１号機の打上げ予定、2009年度に２，３号機の打上げ予定である。
- GPSと同様の信号を予定。

準天頂衛星（続き）

- 日本上空の滞在時間をできるだけ長くなるように、右図のような軌道が検討されている。
- ３衛星を時間差で入れ替えることにより、常に１衛星が日本上空（仰角７０度以上）に滞在することになる。



衛星測位システムの近代化

- GPSのみのシステムでは、都市部において可視衛星数が足りないという致命的な問題点があった。

- GPS・Galileo・QZSを併用することによって、GPSだけでは衛星数が足りない場所や時間帯において、各衛星の電波を受信することで測位可能になる。

シミュレーションによる評価

- 衛星測位システム近代化による恩恵が、実際にどの程度のものかを調査。
- 現在、Galileoと準天頂はまだ運用開始していないため、それぞれの最新の軌道情報を元に、シミュレーションにより評価。
- シミュレーションでは、**可視衛星数**と**衛星配置**（DOP）に絞って検証。

シミュレーションの流れ

- 初期設定（使用衛星など）
- 軌道情報の読み込み（GPS,Galileo,QZS）
- 障害物情報の読み込み（実際のデータ）
- 衛星位置算出
- 各衛星の仰角、方位角を算出
- 可視衛星数とDOPを計算

場所→東京に設定
時間→2005年2月6日の24時間
時間間隔→1分
（衛星位置算出以降は1分毎に繰り返し計算）

軌道情報の設定

	GPS	Galileo	準天頂
衛星数	30機	27機	3機
軌道面の数	6（1面：5機）	3（1面：9機）	1（1面：3機）
軌道傾斜角	55度	56度	45度
離心率	0.01前後	0	0.099
軌道長半径	26,560km	29,600km	31,612km ～39,960km

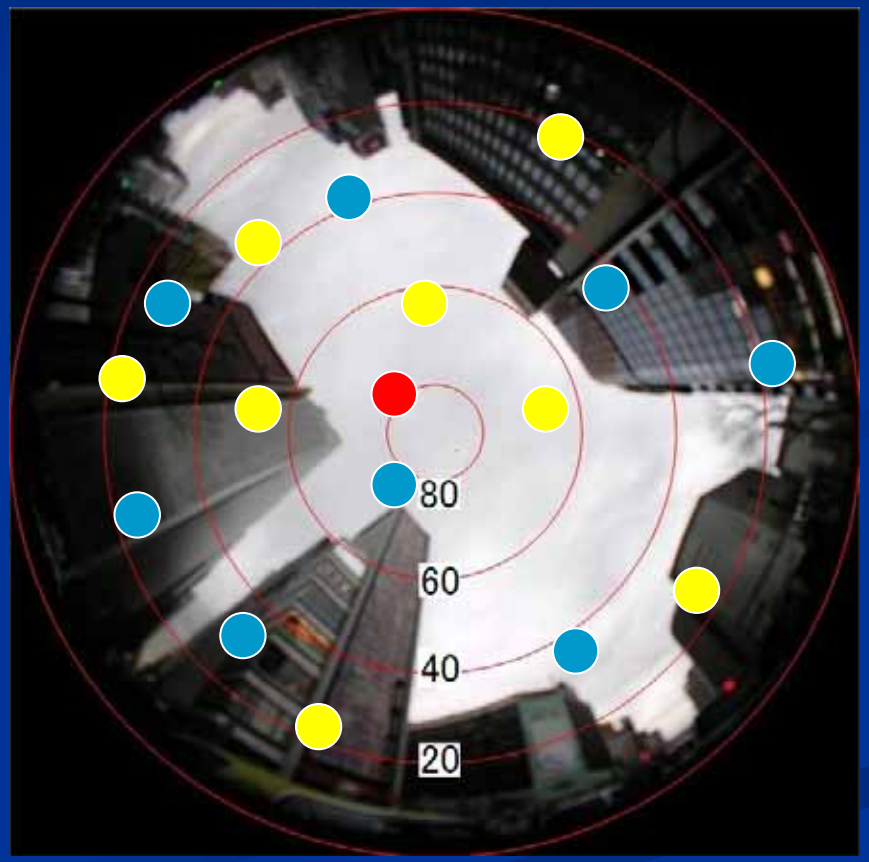
都市部の仰角（障害物）情報の取得

- 実際に月島、勝どき、銀座、日比谷に行き、数十箇所で天空の写真を撮影。そのうち、代表的な場所を9箇所選択して解析。

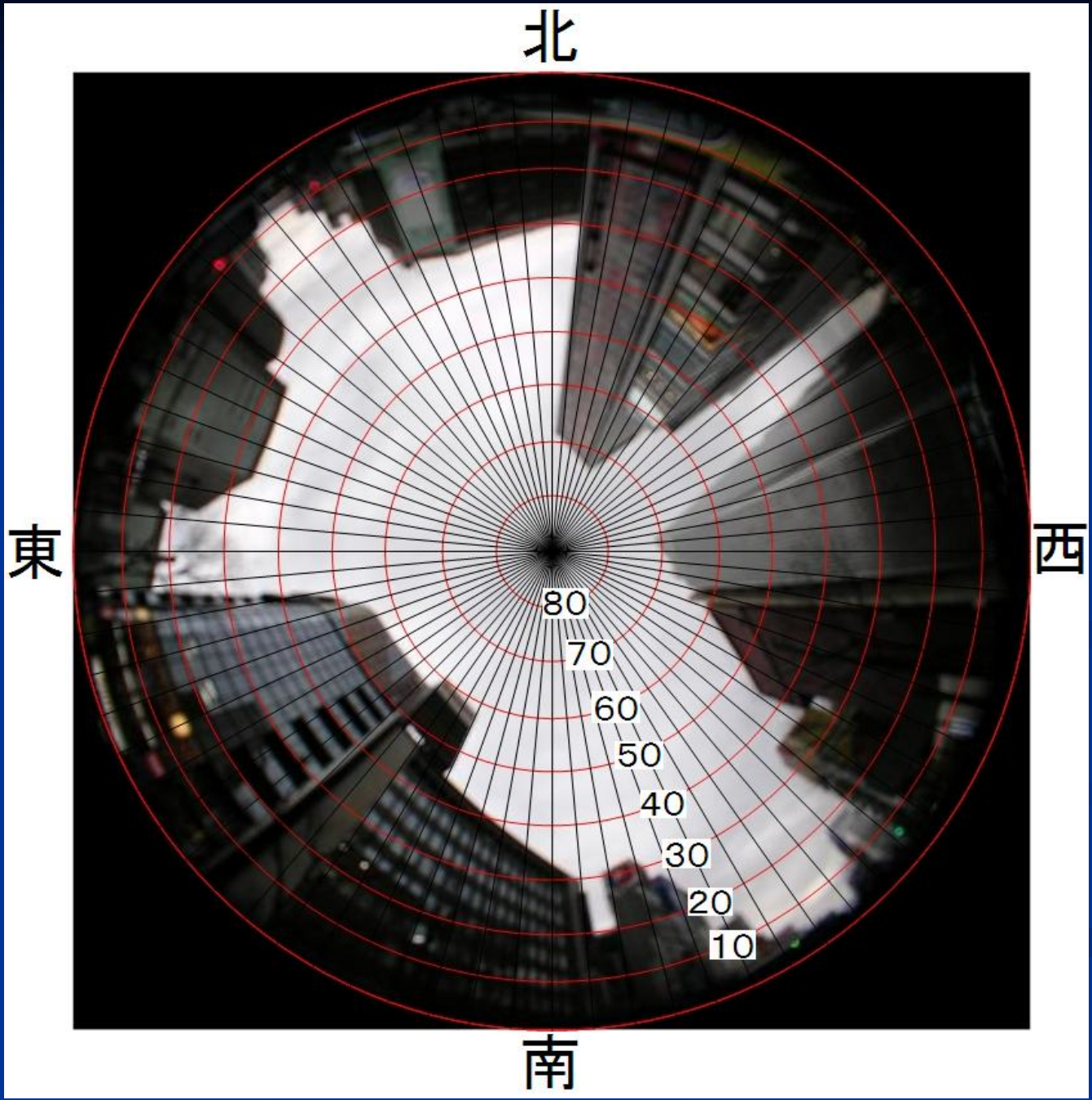
- 魚眼レンズカメラで天空の写真を撮影し、ビル等により遮られている仰角を割り出す。

都市部の一例

- 右の写真は、銀座5丁目における天空の写真である。

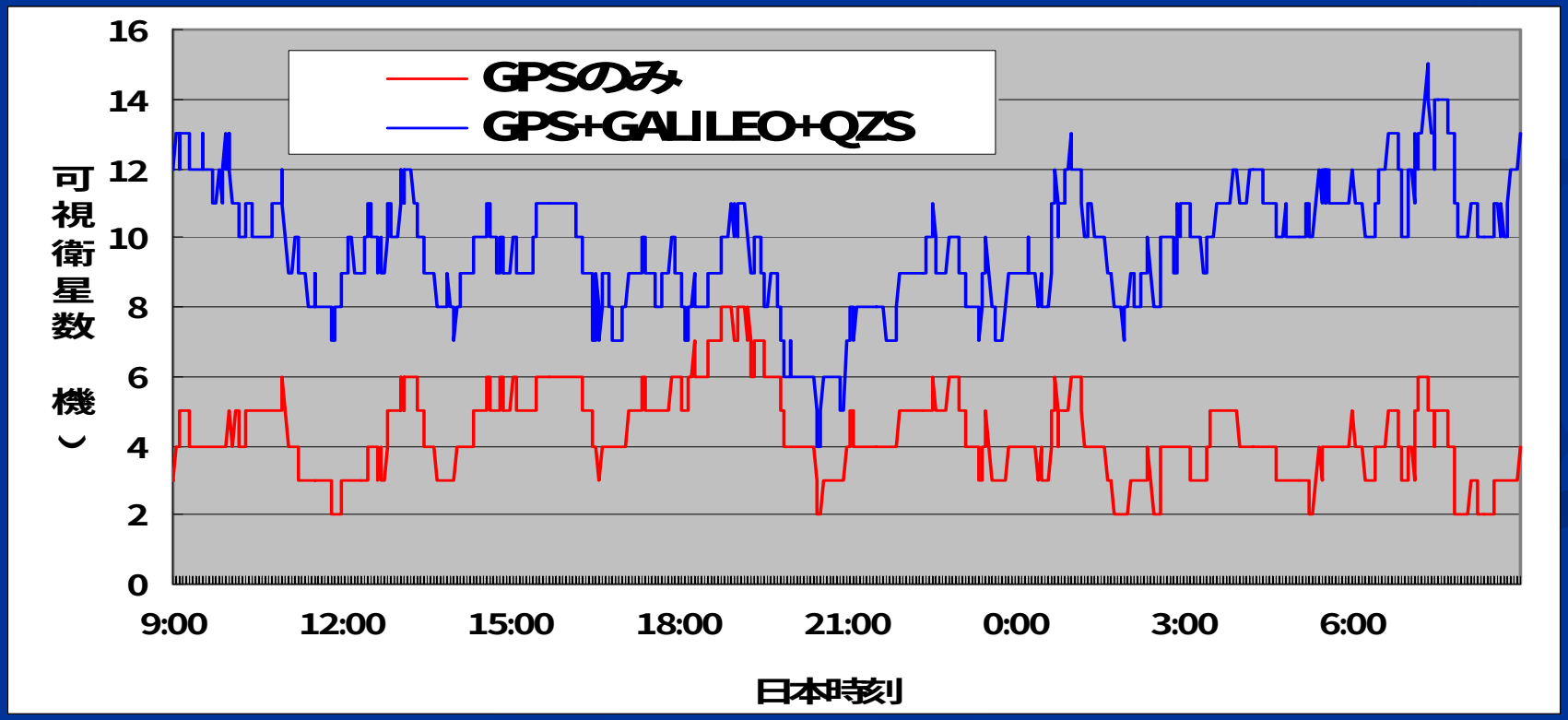


- GPS
- Galileo
- QZS


北
東
西
南
80
70
60
50
40
30
20
10

シミュレーションの結果

- 銀座5丁目において、GPSのみの場合とGPS・Galileo・QZSを併用した場合の可視衛星数を求めた結果である。



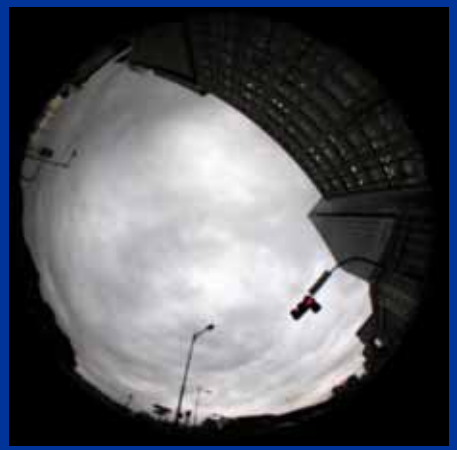
他の8地点の天空

勝どき

築地市場

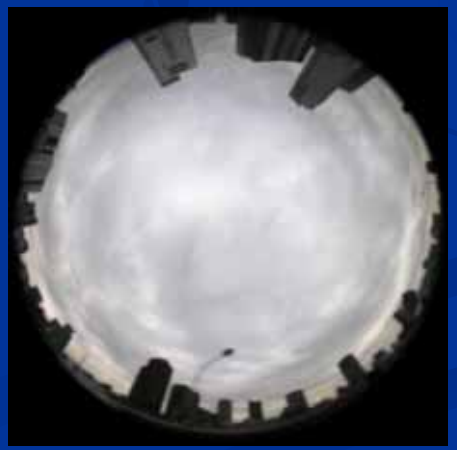
築地、交差点

東銀座



日比谷

日比谷、交差点



佃大橋

佃、高架下

統計結果

	可視衛星数（機）			GDOP		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
勝どき	4／ 9	9／19	6／14	1.8／1.3	21.7／ 4.0	3.8／1.9
築地市場	2／ 7	8／16	5／12	2.7／1.6	55.6／11.9	6.3／3.1
築地、交差点	3／ 9	9／18	6／14	1.9／1.5	29.7／ 4.6	4.0／2.1
東銀座	1／ 6	8／15	4／10	1.9／1.4	15.1／11.9	5.6／3.1
銀座	2／ 4	8／15	4／10	2.6／1.6	24.3／24.1	5.5／3.3
日比谷	2／ 7	8／15	4／10	2.0／1.5	34.2／12.5	5.8／2.9
日比谷、交差点	4／ 9	9／18	6／14	1.8／1.4	12.6／ 4.6	4.2／2.1
佃大橋	5／14	11／22	8／18	1.5／1.0	8.6／ 2.2	2.4／1.4
佃、高架下	1／ 5	7／14	4／ 9	2.4／1.6	61.9／14.1	7.2／3.7
第四実験棟屋上	8／19	13／28	11／23	1.2／2.0	2.5／1.2	1.6／1.0

GPSのみ ／ GPS+Galileo+QZS

- 測位誤差＝擬似距離の精度×DOP

考察

- 測位精度の観点から

可視衛星数が少ない		可視衛星数が多い
4機未満では測位不可	⇔	4機以上で測位可
衛星配置（DOP）が悪い	⇔	衛星配置が良い
RTKのFix率が低い	⇔	RTKのFix率が高い

DGPS（約1m）→Fix→RTK（数cm）

精度の向上が望める

今後の課題

- 今回の研究では、静止状態でしかシミュレーションできていないので、移動体においてもシミュレーションできるように改善することが挙げられます。