

## GPS の観測データによる天気短期予測に関する基礎研究

関西大学総合情報学部 正会員 田中 成典<sup>\*</sup>      関西大学総合情報学部 正会員 古田 均<sup>\*</sup>  
 三井建設株式会社 正会員 佐田 達典<sup>\*\*</sup>      三井建設株式会社 正会員 高田 知典<sup>\*\*</sup>  
 関西大学大学院 学生会員 内野 幸生<sup>\*</sup>

## 1. まえがき

汎地球測位システム (GPS: Global Positioning System) は, 船舶や航空機などが運行中に位置を計測するための衛星航法システムである. 近年, GPS は, 測量分野などで幅広く活用[1]されている. GPS 測量は, 高精度に 2 点間の斜距離, すなわち基線を測る事ができる. しかし, その計測結果には, 電波の遅れによる観測値の誤差が内在している. 観測値の誤差には, 電離層, マルチパスなどさまざまな要因が考えられる. 水蒸気以外の誤差要因に関しては, ある程度誤差を除去することができる. ただし, 水蒸気に関しては, それが変幻自在な動態のため, 現在の技術では完全な把握はできていない.

既研究において, 水蒸気によって変化する GPS の観測データ (斜距離,  $dx, dy, dz, dh$ ) に内在する誤差[2]を用いて, ニューラルネットワーク技術を併用することにより天気を逆同定するシステム[3]を開発した. その結果, 天気を同定することが可能であることがわかった. しかし, 既研究では, GPS の計測データからその時の天気を推定できるが, 数時間後の計測地点の天気を予測することは不可能であった. システムの実用化には, 計測時の天気を知るのではなく, 数時間後の計測地点の天気を知ることが必要である.

そこで, GPS データの数時間後の誤差値を予測できれば, 観測地点の数時間後の天気を予測することが可能であると考え, 本研究では, 天気予測システムの入力項目である GPS データの 1 時間後の値を予測することを試みる. まず, GPS 測量における全ての論理誤差を除去する. 水蒸気誤差に関しては, その変動を把握できないため, 湿度の変動を基に除去する. そして, カオス理論を用いることにより, 実測値から論理誤差を除いた誤差に対して 1 時間後の値を予測する. その結果を天気同定システムの入力項目とすることにより, 1 時間後の天気を予測することが可能となる. 最終的には, 観測時から 1 時間後の天気予測システムの再開発を目指す.

## 2. システムの概要

本システムは, まず, 1) 水蒸気以外の論理誤差除去機能, 次に, 2) 水蒸気誤差除去機能, そして, 3) カオス理論を用いた時系列予測機能, 最後に, 4) 天気同定機能, の 4 つの機能により構成される.

### 2.1 論理誤差除去機能

GPS 測量において, 衛星配置と水蒸気以外の誤差は, 基線解析処理によって除去できる. 本機能では, 基線解析によって得られた実測値から, 衛星配置誤差を除去する. しかし, GPS 測量において, 衛星配置による誤差を定常的に算出することはできない. そのため, 本機能では, GPS 衛星の特性である周回周期 0.5 恒星日を用いて, 衛星配置誤差だけを含んだ斜距離のモデル (表 1) を作成する. そして, 実測値と作成されたモデル値の残差を求めることにより, 衛星配置誤差を除去することを可能とする.

表 1 衛星配置誤差

日付	配置 1		配置 2		配置 3		
	時間	実測値	時間	実測値	時間	実測値	
1月5日	AM09:00	5472.917	AM10:00	5472.924	AM11:00	5472.932	...
	PM21:00	5472.929	PM22:00	5472.936	PM23:00	5472.929	...
1月6日	AM09:00	5472.917	AM10:00	5472.925	AM11:00	5472.924	...
	PM21:00	5472.929	PM22:00	5472.928	PM23:00	5472.925	...
...	...	...	...	...	...	...	...
1月17日	AM09:00	5472.918	AM10:00	5472.923	AM11:00	5472.927	...
	PM21:00	5472.934	PM22:00	5472.934	PM23:00	5472.926	...
平均値		5472.923		5472.928		5472.924	...

### 2.2 水蒸気誤差除去機能

衛星配置による誤差同様, 水蒸気による誤差も定量的に算出することはできない. しかし, 正規化した湿度の変動と水蒸気誤差の変動が近似していることから, 水蒸気誤差は, 湿度の変動を用いて除去することができる. そこで, 本機能では, 湿度の変動を用いて水蒸気誤差を除去する.

キーワード: 天気予測, GPS, 電波遅延, カオス

<sup>\*</sup>〒564-1095 大阪府高槻市霊仙寺 2-1-1 (TEL)0726-90-2404 (FAX)0726-90-2491

<sup>\*\*</sup>〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 (TEL)0471-40-5207 (FAX)0471-40-5218

## 2.3 カオス理論を用いた時系列予測機能

時系列データのカオス短期予測を行うには、データに決定論的法則性が存在するか調べる必要がある。決定論的法則性の有無を調べる手法の1つに相関次元解析がある。GPS データに相関次元解析を適用した結果、全てのデータ（斜距離，dx，dy，dz，dh）において決定論的法則性を見出すことができた。例えば、斜距離における相関次元解析結果を図1に示す。従って、GPS データから決定論的法則性を見出すことができたため、カオス短期予測の適用が可能であることがわかった。

本機能では、代表的なカオス短期予測手法である近傍差分法と局所ファジィ法を用いて GPS データの短期予測を行い、予測精度の比較及び考察を行う。

## 2.4 天気同定機能

GPS データと天気同定システムを再構築し、本機能によって、カオス理論を用いた時系列予測機能により求められた1時間後のGPS データを入力項目として、観測時から1時間後の計測地点の天気を予測する。

## 3. 実証実験

国土地理院のサイトで配布されている電子基準点データを用いて、実証実験を試みる。

### 3.1 実験データ

GPS データを採取する電子基準点は、全国に約 950 個設置されている。本研究で用いる GPS データは、できるだけ短い基線長で、長時間水蒸気誤差を含んだデータの必要がある。そこで、次の3つを考慮して基準点を選別する。まず、1) 局所地域の天気予測を行うため、本研究で用いる基線長は 5 km 未満が最良である。次に、2) 5 km 以上の基線長は、ジオイドによる誤差を含むため、5 km 未満の基線である必要がある。最後に、3) よく雨が降る地域である。この3つの条件を鑑みて、宮崎県における2組の電子基準点のデータを採用する。本研究で用いた電子基準点の詳細を表2に示す。GPS データは、2000年1月5日午前1時から2000年1月17日午後24時までの302データとした。気象データは、宮崎地方気象台における地上気象観測原簿を用いた。

### 3.2 実験結果

本実験では、全てのGPS データ（斜距離，dx，dy，dz，dh）に対して、近傍差分法と局所ファジィ法をそれぞれ用いて1ステップ毎に100データ予測した。例えば、斜距離における予測結果を図2に示す。両手法とも高精度にGPS データの変動を予測することができた。次に、予測したGPS データを天気同定システムに適用し、観測時から1時間後の天気を予測した。その結果、約6割の天気を推定することができた。天気同定システムの詳細及び推定結果は、当日の発表に委ねる。

## 4. あとがき

本研究では、天気予測を行うための入力項目となる全てのGPS データを高精度に推定することができた。その結果、観測時から1時間後の計測地点の天気を予測することが可能となった。しかし、本システムの実用化を考えると、さらに高精度なシステムを構築する必要がある。

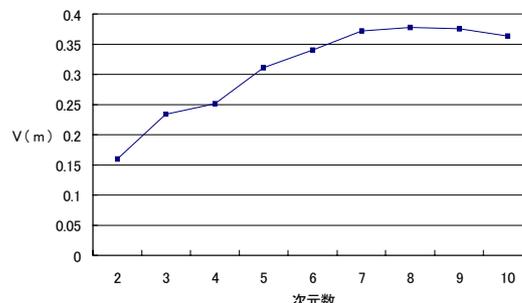


図1 相関次元解析結果

表2 基準点データ

	ID	名称	所在地
基準点1	940095	佐土原	久峰中学校
基準点2	960713	新富	新富町町営住宅

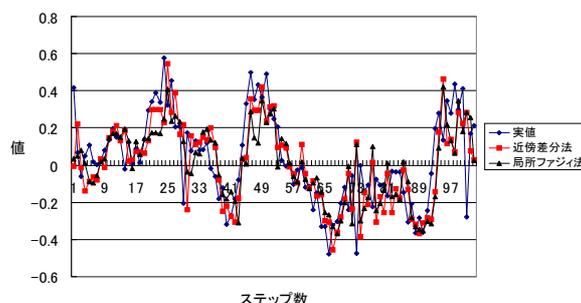


図2 予測結果

表3 予測結果の精度

	レシオ	斜距離	dx	dy	dz	dh
予測手法1	近傍差分法					
平均二乗誤差	0.06294	0.03190	0.00475	0.01457	0.01064	0.02289
相関係数	0.64485	0.70227	0.95179	0.93865	0.89266	0.81841
予測手法2	局所ファジィ法					
平均二乗誤差	0.03988	0.03201	0.00522	0.01077	0.01281	0.01387
相関係数	0.66269	0.68090	0.94689	0.89136	0.91127	0.89018

## 参考文献

- [1] 土屋淳，辻宏道：やさしいGPS 測量，日本測量協会，1997.
- [2] 大谷竜：GPS 気象学への応用，日本航海学会，1999.
- [3] 田中成典，古田均，広兼道幸，高田知典，佐田達典，内野幸生：GPS を用いた局所地域の天気短期予測システムの基礎研究，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.9，pp.75-82，2000.10