

## 付録 1 用語集

## &lt;第 3 章&gt;

**altBOC** : Alternative BOC ; BOC の変化形 ; GalileoE5 信号が用いる altBOC は 8-PSK と同等である。

**Auxiliary meander sequence** : 補助的な蛇行(メアンダー)数列 ; [1, 0]が連続した数列

セカンダリコード : プライマリコードにさらに重畳されるオーバーレイコード

**Modulation** : 変調 : 正弦波に対して周波数の低い信号により演算操作を行うこと。

**8PSK** : デジタル値をアナログ信号に変換する変調方式の一つ。位相のずれた複数の波の組み合わせで情報を表現する位相偏移変調方式の一種。「八位相偏移変調」と訳されることもある。8PSKでは、基準となる正弦波と、45度ずつ位相のずれた合計8つの波を使い、それぞれに別の値を割り当てることで一度に8値(3ビット)の情報を送受信できる。

**BOC** : Binary Offset Carrier ; Galileo で用いられている変調方式 ; 一般に  $BOC(n,m)$ は次の式で定められる時間  $t$  の関数となっている。 $BOC(n,m)(t)=C_m(t) \times \text{sign}[2\pi f_{sc} \times t]$

ここで、 $C_m(t)$  は、値 +1 または -1 となるチップレート  $m \times 1.023 \text{ Mcps}$  の疑似ランダム符号であり、 $f_{sc}$  は周波数  $n \times 1.023 \text{ MHz}$  である。n および m に適用される1つの条件は、 $2n/m$  の比を整数とすることである。

**CBOC** : 複合二進オフセットキャリアの略 ; 第1の  $BOC(1,1)$  波形と第2の  $BOC(m,1)$  波形とのリニアな組み合わせである。

**BPSK変調** : Binary Phase Shift Keying ; デジタル値をアナログ信号に変換する変調方式の一つ。位相のずれた複数の波の組み合わせで情報を表現する位相偏移変調方式の一種。「二位相偏移変調」と訳されることもある。**BPSK**では、基準となる正弦波と位相の反転した波を使い、片方に0、もう一方に1を対応させることで、一度に2値(1ビット)の情報を送受信できる。

**CNAV** : Civil Navigation Signal(民生用航法信号)

**Effective ionization level** : 実質的なイオン化レベル

**GEO** : Geosynchronous Orbit (地球同期軌道)

**Inter Signal Correction** : 異なる周波数間の群遅延

**IGSO** : Inclined GeoSynchronous Orbit (傾斜地球同期軌道)

**i<sub>0</sub>** : 軌道傾斜角の基準値

**Kasami 系列** : 疑似乱数系列のひとつ

**L-ANT** : L 帯アンテナ

**LS-ANT** : L1-SAIF 用アンテナ

**LSB** : Least Significant Bit (最下位ビット)

**MEO** : medium earth orbit ; 高度 2000km から地球同期軌道 (35,786km) までの地球周回軌道

**MSB** : Most Significant Bit (最上位ビット)

**PZ-90** : GLONASS で使われている座標系 ; Parametry Zemli 1990 (英語では PE90、Parameters of Earth 1990) の略

**QPSK** : Quadrature Phase Shift Keying; デジタル値をアナログ信号に変換する変調方式の一つ。位相のずれた複数の波の組み合わせで情報を表現する位相偏移変調方式の一種。「四位相偏移変調」と訳されることもある。QPSKでは、基準となる正弦波と、90度、180度、270度位相のずれた合計4つの波を使い、それぞれに別の値を割り当てることで一度に4値(2ビット)の情報を送受信できる。

**Radial** : 半径方向

**Semi-Major Axis** : 軌道長半径 ; 楕円軌道において長軸の長さの半分である

**SIS-URE** : Signal-In-Space User Range Error ; 衛星の軌道・時刻に起因するユーザ視線方向の誤差。電離層などの伝搬部分やユーザ部分に影響されない測位信号の基本性能。

**TDMA** : Time Division Multiple Access (時分割多元接続) 通信に用いる周波数を一定時間ごとに分割して共有する多重化方式のこと

**Tgd** : Timing Group Delay ; 測位信号間の衛星機上の時刻オフセット(群遅延)

**TT&C** ステーション : テレメトリ・トラッキング・コマンド局

**URA INDEX** : User Range Accuracy Index ; ユーザ測位精度をコントロールセグメントでインデックス化して放送するもの。IS-GPS-200 で URA Index と URA とは以下の通りに関係付けられている。

| URAindex | URA(meters)                         |
|----------|-------------------------------------|
| 0 :      | $0.00 < \text{URA} \leq 2.40$       |
| 1 :      | $2.40 < \text{URA} \leq 3.40$       |
| 2 :      | $3.40 < \text{URA} \leq 4.85$       |
| 3 :      | $4.85 < \text{URA} \leq 6.85$       |
| 4 :      | $6.85 < \text{URA} \leq 9.65$       |
| 5 :      | $9.65 < \text{URA} \leq 13.65$      |
| 6 :      | $13.65 < \text{URA} \leq 24.00$     |
| 7 :      | $24.00 < \text{URA} \leq 48.00$     |
| 8 :      | $48.00 < \text{URA} \leq 96.00$     |
| 9 :      | $96.00 < \text{URA} \leq 192.00$    |
| 10 :     | $192.00 < \text{URA} \leq 384.00$   |
| 11 :     | $384.00 < \text{URA} \leq 768.00$   |
| 12 :     | $768.00 < \text{URA} \leq 1536.00$  |
| 13 :     | $1536.00 < \text{URA} \leq 3072.00$ |
| 14 :     | $3072.00 < \text{URA} \leq 6144.00$ |
| 15 :     | $6144.00 < \text{URA}$              |

**URA** : User Range Accuracy ; ユーザ測距精度

**URE** : User Range Error ; ユーザ測距誤差

**アップリンクステーション**：航法メッセージを衛星にアップリンクするための局

**緯度引数**：軌道運動を行なう天体のある時刻における位置を表すパラメータの 1 つ。近地点引数 ( $\omega$ ) と真近点角 ( $\nu$ ) の和

**インクリメント**：整数型の変数の値を 1 増やす処理

**インテグリティ**：完全性；航法システムが出力する位置情報の正しさ。GPS が出力している経緯度が正しいかどうかを示す指標。

**元期**：特定の日時；基準の時刻

**極運動**：地球の自転軸に対して、地球の本体が移動する現象

**近地点引数**：、軌道要素の 1 つで、天体の運動する方向にそって、昇交点から近点まではかった角度。記号は  $\omega$ 。特に、太陽周回軌道に対しては近日点引数、地球周回軌道に対しては近地点引数という。

**クロックレート**：クロック変化率

**群遅延**：入力波形に対する出力波形の時間の遅れ

**コントロールステーション**：測位衛星の制御、測位衛星から放送する航法メッセージの生成、データ解析、等を行う局

**真近点角**：軌道運動を行なう天体のある時刻における位置を表すパラメータの 1 つである。ある特定のエポックで、近地点を基準として焦点周りに半時計方向に測った角度。

**センサーステーション**：モニタ局；GNSS を観測するグローバルな連続監視ネットワーク

**昇交点**：天体の軌道が南半球から北半球に向かって北向きに交差する点

**動径方向**：軌道が円の場合の半径方向；地球(中心)を始点とし、衛星を終点とするベクトル。ラジアル方向。

**ドラコニアン周期**：昇交点（もしくは降交点）を通過する周期

**ドリフト率**：準天頂衛星の 8 の字軌道の地上の中心経度の変化率

**ノミナル**：基準。標準。正常時の。

**バースト誤差**：データ伝送中の一連のエラー

**パリティ**：ある数字の並び（大体2進数）の合計が偶数・奇数かどうかを比較する事により、通信の誤りを検出する技術。偶数を **even parity**、奇数を **odd parity** という。

**ビットアロケーション**：ビット配分

**プリアンブル**：フレームの直前に置かれるビット列。信号の同期を取ることを目的とする

**平均近点離角**：軌道運動を行なう天体のある時刻における軌道面内での位置を表すパラメータ。平均近点角（**mean anomaly**）と呼ぶ場合もある。

**ボアサイト**：指向性を持つマイクロ波アンテナ等の機械（電気）的軸の視準を観測目標に向けて直線上に定めること。または、その方向（指向性アンテナの主輻射方向軸）。

**離心率**：円錐曲線、すなわち円・楕円・放物線・双曲線はいずれも、焦点 F からの距離と、準線 d からの距離の比  $e$  が一定となる点の集合である。この比  $e$  が離心率である。 $0 < \text{離心率} < 1$  が楕円（ $e$ が小さいほど真円に近くなる）  $e=0$  は円、 $e=1$  は放物線を表す。

## <第 4 章>

**BINEX** : 本文参照

**CRC** : Cyclic Redundancy Check ; 誤り検出符号の一種。任意長のデータを入力として、16 ビット、32 ビット等の固定長のデータを出力する関数（生成多項式）、またはその関数からの出力値。イーサネットや各種通信の誤り検出符号として使われている。

**IONEX** : 電離層の総電子数（TEC）のマッピング情報の交換のために準備されたフォーマットで、RINEX のフォーマットを基本に作られたものである。

参考 URL : <ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/ionex1.pdf#search=%27gps%20ionex%27>

**MD5** : ファイルを転送する際にそのファイルが破損していないことを確認するためにも用いられる。配布する側は、そのファイルの MD5 ハッシュ値（いわゆる MD5 チェックサム）を求め、これを同時に配布する。受信したユーザは手元でファイルの MD5 値を計算して、配布者の提示した MD5 値と一致することを確認することにより、受信したデータに誤りや改竄がないことを確認できる。

**SINEX** : (IGS International GNSS Service) によって SLR (Satellite Laser Ranging) や VLBI (Very Long Baseline Interferometry) などの結果と GPS による解析結果を相互に交換できるように定められたフォーマットである。

参考 URL :

[http://www.iers.org/IGS/EN/Organization/AnalysisCoordinator/SinexFormat/sinex\\_\\_cont.html](http://www.iers.org/IGS/EN/Organization/AnalysisCoordinator/SinexFormat/sinex__cont.html)

**SAW フィルタ** : Surface Acoustic Wave filter のことで、圧電体の薄膜、もしくは基板上に形成された規則性のあるくし型電極により、特定の周波数帯域の電気信号を取り出す素子のことである。SAW フィルタは一般に周波数特性が良いものの損失が大きいため、GPS の分野では誘電体フィルタが良く利用されてきたが、近年性能が向上するとともに、小型化が進んだため、誘電体フィルタにかわり SAW フィルタが良く利用されている。

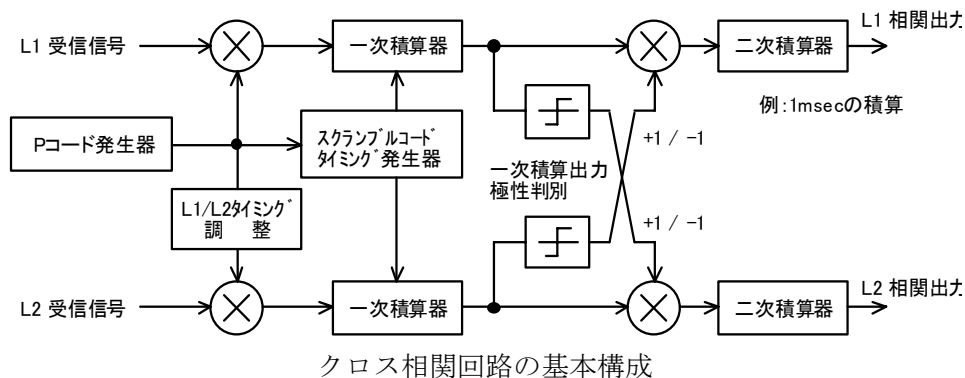
**TCXO** : Temperature-Compensated crystal Oscillator のことで、周波数温度補償機能を組み込んだクリスタル発振器のこと。温度補償のない発振器では 0~50 度の温度変化に対して、数十 ppm の周波数変動が生じることがあるが、TCXO では 1ppm 未満に抑えることができる。GPS 受信機では周波数の精度は重要であり、基準発振器として、TCXO が一般的に用いられる。

**アンテナオフセット**：アンテナレファレンスポイントとアンテナ位相中心とのオフセット

**オン・ザ・フライ**：RTK 測位のための初期化（整数値バイアスを決定）方法の一つで、ユーザが移動中でも初期化を行うことができる。現在市場にあるほぼ全ての RTK 対応受信機はオン・ザ・フライ初期化の機能を有している。受信機カタログによれば、初期化には 1 周波受信機で 1 分、2 周波受信機で 10 秒程度の時間を必要とする。

**擬似距離**：測位衛星からの信号の受信機までの伝搬時間に光速をかけることにより求める受信機アンテナ位相中心－衛星アンテナ位相中心間の距離。衛星時計、受信機時計ともに完全には GPS 時刻に同期していないため、擬似距離には真の距離の他、衛星時計誤差、受信機時計誤差が含まれる。

**クロス相関**：セミコードレス受信機で L1、L2 の二周波信号を受信する場合、一次積算の結果の極性を乗じて二次積算するのではなく、L1 の一次積算の結果と L2 の一次積算の結果の極性と、L2 の一次積算の結果と L1 の一次積算の極性とを乗じることにより C/N0 を 3dB 向上させることができる。一次積算の結果の信号が L1 と L2 間で交差することから、これをクロス相関（クロスコリレーション）と呼んでいる。クロス相関回路の構成を下図に示す。



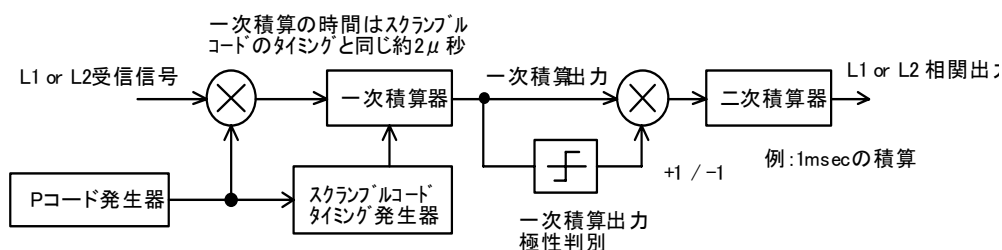
**スクエアリング**：自乗検波のことで、受信信号自身を乗算し、信号を検出する。受信機内部で拡散コードを作る必要はない（コードを知る必要がない）が、C/N0 は悪く、擬似距離の観測はできない。搬送波位相は 1/2 波長未満の情報を得ることができる。初期の測量用受信機で多用された技術である。

**スムージング**：ノイズの大きい擬似距離をノイズの小さい搬送波観測量を利用してフィルタリングし、ノイズ低減する処理。キャリアスムージングとも呼ばれる。

**セミコードレス追尾**：GPS L1/L2 で送信されている P(Y)信号は、軍用としてコードが秘匿されており、本来民間では利用できない。しかし P(Y)コードは、公知の P コード (IS-GPS-200 に生成方法が記載されている) にさらにスクランブルコード (A コードあるいは W コードと呼ばれている。周期約  $2\mu$  秒) を乗じて生成していることが知られており、P(Y)コードそのものではなくとも、P コードを利用すれば、本来の P(Y)コードを利用した場合より C/N0 は大幅に劣化するが、信号受信が可能となり、擬似距離、搬送波位相データを得ることができる。

このように、P コードを利用して P(Y)信号を受信するものをセミコードレス受信機と称している。(一切コードを用いないものをコードレス受信機と称し、スクエアリング処理により信号を検出している)

セミコードレス方式による相関回路の例を下図に示す。



セミコードレス方式による相関回路の基本構成

L1 or L2 の受信信号は先ず受信機で発生した P コードと乗算され、その結果を一次積算器で積算する。積算のタイミングは P コードのタイミングに同期したスクランブルコードタイミング発生器 (コードは発生できないが、タイミングは発生できる) から得られ、その周期は約  $2\mu$  秒 (一定ではない) である。約  $2\mu$  秒の一次積算が終了すると、積算結果の極性+1 または-1 を求め、これを積算結果と乗算し、二次積算器でさらに積算を続ける。二次積算器は例えば 1msec の間積算を続けることにより、他の信号の相関結果と同じ性質を持つ P(Y)信号の相関結果を得ることができ、この結果をもとに、コード、キャリアの追尾を行うことが可能となる。

**テレメトリワード**：GPS のメッセージは 6 秒周期のサブフレームデータ (300bit) を一つの単位で送信されている。1 サブフレームは 10 ワードからなり、1 ワードは 30 ビットで構成される。サブフレームの先頭のワードをテレメトリワードと呼び、メッセージの先頭を検出するためのプリアンプルデータ (“10001011” の固定パターン) やテレメトリメッセージ (軍用) が入っている。

**ヌルキャラクタ**：ASCII のコードでは 0x00 をヌル文字と定義している。ヌルは文字ではないが、データの穴埋めなどに使われる場合がある。



**ハンドオーバーワード**:サブフレームの2ワード目をハンドオーバーワードと呼び、**TOW**: Time Of Week (週内時刻)やサブフレームの識別情報が入っている。サブフレーム内のデータは各サブフレーム(1~5)で異なるが、全てのサブフレームでテレメトリワードとハンドオーバーワードが1、2ワード目に存在する。

**ハンドヘルド受信機**:電池で動作し、手に持って容易に移動できるタイプのGPS受信機で、主にプレジャー用であるが、測量用のものもある。移動中のデータを記録し、後刻パソコンなどにNMEA0183フォーマットでデータをダウンロードできる機能を有するものが多い。

**ビッグエンディアン**:複数のバイトからなる一つのデータ(数値)をレコードに記録する場合、データの上位バイトから順に記録する場合をビッグエンディアンと呼ぶ。

例えば16進数4バイトのデータ“1234ABCD”のデータはレコードの先頭に近い方から、“12”、“34”、“AB”、“CD”の順に並ぶ。

**ユーザディファレンシャル補正誤差(UDRE)**: User Differential Range Error; ディファレンス補正後のレンジ誤差の1 $\sigma$ 値。

**ラジオビーコン放送**:航路標識のうち中波の電波を利用して位置を知らせる電波標識局の一種。日本では海上保安庁が運用する。電波灯台とも呼ばれている。

船舶用のディファレンシャル補正データはこの信号にRTCM SC-104フォーマットのデータを重畳して送信されている。

**リトルエンディアン**:ビッグエンディアンの逆で、下位バイトが先に記録される。

例えば16進数4バイトのデータ“1234ABCD”のデータはレコードの先頭に近い方から、“CD”、“AB”、“34”、“12”の順に並ぶ。

**ロック外れ**:GPS受信機内には受信信号のコード及び搬送波の追尾のためにコード追尾ループとキャリア追尾ループが存在する。ロック状態はこれらのループによって、受信機が正確に受信信号を追尾し、擬似距離や搬送波位相を観測できる状態である。ロック外れの状態は逆に信号の追尾を行うことが出来なくなり、正しい観測データが得られない状態のことである。ロック外れは、信号の遮断や受信機(アンテナ)の急激な移動によっても起こる場合がある。

**ロラン-C** : LORAN (LONg-RANge Navigation) は電波航法の一つ。船舶・航空機が洋上などで電波を用いて位置を知るためのシステムである。送信局では 100kHz の搬送波を正確なタイミングでパルス状に変調した信号を送信し、受信機では複数の送信局からのパルスの到来時刻の差から、位置を求める。測位精度は 30 - 300m 程度。

## &lt; 第 5 章 &gt;

**ANTEX** : The Antenna Exchange Format ; ARP (Antenna Reference Point) からのアンテナ位相中心のオフセットおよび、位相中心変動 (PCV : Phase Center Variation) の特性を記述するためのファイルフォーマット、またはそのファイル自身。

**CRD** : Coordinate (座標値) の略

**EOP** : Earth Orientation Parameter (地球回転パラメータ)

**ION** : Ionospheric Delay ; 電離層遅延量の略

**Mapping Function** : 垂直方向の遅延量として表された対流圏、または電離層遅延量を視線方向 (斜め方向) の遅延量へ換算するための関数。

**Maximum Path Method** : m 台の受信機が広い範囲に数多く設置されている場合にはすべての受信機に同じ衛星セットが受信されているわけではない。このような状況で基線を推定する場合、Bernese は 1 組の  $m - 1$  の基線 (受信機の組み合わせ) を選び出す。この場合に多くの基線から  $m - 1$  の基線の選び方を最適化するための方法。

**Melbourne-Wubben** **線形結合** : ワイドレーンのアンビギュエティの決定や、サイクルスリップ検出に用いられる観測データの線形結合の 1 つ。波長はワイドレーンと同じ 86.2cm。ワイドレーンと比較した場合、利点は電離層フリーである点、一方不利な点はコードノイズ/マルチパスの影響をより大きく受ける点。線形結合の定義については 4.3.1.4 項参照。

**meta データ** : あるデータに関する情報を持ったデータのこと。データのそのものでなく、データについてのデータであるため、メタ (上位の) データと呼ばれる。データの作成日、作成者、容量等。

**Non-parametric screening** : Non-parametric screening では、サイクルスリップの無い期間を定義することを目的として、搬送波位相の観測残差を低次の多項式で fit させてスクリーニングを実施する。ここでの観測残差とは、多項式で計算された観測値と実際の観測値の差である。

**O-C** : Observation minus Calculation : 観測残差

**OTF** : On The Fly (オン・ザ・フライ) ; 短時間でアンビギュイティを解く方法の総称。用語集の 4 章の箇所も参照。

**RF** : Radio Frequency ; 高周波の信号の総称的に使用される。

**SINEX** : Solution INdependent EXchange Format ; GPS のみでなく、その他の測量方法により得られた解を表現可能な共通フォーマット。

**SIP** : Bernese マニュアル中での Stochastic Ionosphere Parameters の略。モデルで表現しきれない、電離層遅延量の短期的な要素。Bernese ではこの部分は未知数として解くこともできる。

**TRP** : Bernese マニュアル中での Troposphere Parameters の略。

**アウトライア** : 異常値。

**アンサンブルクロック** : GPS や SBAS では 1 つの物理クロックではなく、複数のクロックの重み付き平均を行った仮想クロックを基準時系として採用している。これをアンサンブルクロックと呼んでいる。

**キャリアスムージング** : ノイズの大きい擬似距離をノイズの小さい搬送波観測量を利用してフィルタリングし、ノイズ低減する処理。

**球面調和関数** : 3 次元ラプラス方程式の解を急座標で表現したときの角度部分。ここで、角度部分とは、径方向部分との対比として使用している。球座標系で直交関数系をなすので、球面上に分布する事象を表現するのに便利であり、電離層遅延量 (または TEC) の分布等を表現するためによく使用される。

**クリーンアーク** : スクリーニングによりサイクルスリップやロック外れ等の事象を排除した、きれいなアーク。

**ケプラー6 要素** : 軌道運動を表現するための 6 要素。惑星の動きを解明したケプラーに因んでケプラー6 要素と呼ばれる。昇交点黄径、軌道傾斜角、軌道長半径、軌道離心率、近日点引数、元期の平均経度からなる。

**サイクルスリップ**：測位衛星からの電波が障害物等により遮断され、位相測定が中断することにより、搬送波観測量の整数不確定性部分に不連続が発生すること。

**シナリオファイル**：解析条件等を記述するファイル。

**ジオメトリフリー線形結合**：複数周波数の擬似距離観測量同士、または搬送波観測量同士の差をとることにより得られる観測データの線形結合。差をとることにより、受信機と衛星との幾何学的距離情報（Geometric Range）は相殺されるのでジオメトリフリーと呼ばれる。幾何学的距離情報のほか、複数周波の観測量に共通な衛星時計誤差、受信機時計誤差も排除され、電離層遅延量、アンビギュイティ等の複数周波観測量に共通でない成分が残る。

**スクリーニング**：サイクルスリップ等の異常データを排除すること。

**スタッキング**：複数セッションから得られた解、または正規方程式を重ね合わせて新たな解を得ること。

**スラント**：斜め方向の意。垂直対流圏遅延量、垂直電離層遅延量と対比して、視線方向の遅延量を指す際に、スラント垂直遅延量、スラント電離層遅延量という用語が使用される。

**太陽輻射圧パラメータ**：太陽輻射圧をモデル化するためのパラメータ。太陽輻射圧は太陽からの電磁波の放射により物体の表面に働く圧力。

**ニューテーション**：地軸の回転運動の周期的振動

**ピアスポイント**：電離層貫通点。電離層を1枚の薄殻（Thin Shell Model）でモデル化したときに、測位衛星からの信号がこの薄殻を貫通する点。

**ヨー姿勢**：衛星の姿勢角を定義する場合、基準姿勢から三軸まわりの回転で定義する。衛星質量中心から地心方向への軸をヨー軸と呼び、この軸まわりの回転角による姿勢変化をヨー姿勢と呼ぶ。

**ルジャンドル陪関数**：ルジャンドルの微分方程式における特別な場合の解であるルジャンドル多項式を元に定義される関数。本報告書内では球面調和関数の係数として現れている。