

K 指数速報値を計算機で算出する新しい手法

長町信吾

地磁気観測所調査課

2014年9月30日受領, 2015年1月21日改訂, 2015年1月30日受理

要 旨

地磁気変化の静穏時曲線を1時間ごとの折れ線で表現しK指数を計算機で読み取る手法を新たに開発した。K指数読み取り精度はLRNS法よりも概ね高く、特にK指数5以上のスレットスコアでLRNS法よりも良い結果が得られた。この方法を用いて1時間ごとに地磁気活動を評価し、地磁気観測所ホームページで速報発信を開始した。

1. はじめに

太陽活動と地球磁気圏や電離圏の擾乱には密接な関係があり、太陽フレア（太陽面爆発現象）などの太陽現象が、しばしば磁気嵐などの活発な地磁気擾乱を引き起こすことがある。磁気嵐発生時は、デリンジャー現象と呼ばれる短波通信障害が起こることが古くから知られているが、近年では高エネルギー粒子による人工衛星の機器故障や、急激な磁場変化に伴う誘導電流が送電網に障害を与えることによって起こる大規模停電など、地磁気現象が日常生活にも影響を与えることが懸念されており、地磁気活動の監視と迅速な情報発信は重要性を増している。

そのようなニーズに対応するため、地磁気観測所では地磁気的活動程度を表す指標のひとつであるK指数の日合計の速報値を、1日に1回の更新頻度で2012年からホームページ上で発信してきた。K指数は1日を3時間ごとの8区間に分け、各区間において地磁気活動が静かな日の日変化曲線からのずれの程度を準対数目盛で表し、0～9の10階級に分けたものであり、数字が大きくなるほど地磁気活動が活発であったことを意味する。K指数の読み取りは、前日24時間分のK指数を1日に1回、職員が手作業（以下ハンドスケール）で読み取っている。しかし、地磁気現象の発生から終了までの時間が、K指数に影響を与えるほど振幅の大きな現象に限ったとしても、短いもので数時間程度であることを考えると、1日1回の情報発信では十分な速報性を持っているとは言い難い。また、職員の手作業に頼る方法で

は、夜間などの勤務時間外での情報発信は不可能である。より速報性の高い情報発信を行うには、計算機による自動読み取り手法の使用が必要不可欠である。

国際地球電磁気学・超高層大気物理学協会（International Association of Geomagnetism and Aeronomy, 以下 IAGA）は、K指数の計算機による読み取りについて、4種類の手法（USGS法、AS法、FMI法、LRNS法）を承認しており（IAGA News 1993）、それぞれの手法のサブルーチンコードも公開されている。地磁気観測所でもこれらの手法についての調査がなされ（山田（1997）；小池 他（1998））、現在ではそれらの手法のひとつであるLRNS法（Hattingh *et al.*（1989））を業務に取り入れ、ハンドスケールによる読み取り値との比較参考に利用している。しかし、そのLRNS法も高頻度の速報発信に向いている手法とは言えず、ハンドスケールによる読み取りと同じ1日1回の頻度でしか計算を行っていない。本稿では、速報性の高い情報発信を行うために新たに開発した、より高頻度でK指数を算出する新手法について報告する。なお本調査は、平成24年度から26年度にかけて行われた調査研究「地磁気現象検出の迅速化と地磁気現象に関する情報活用に関わる調査」の一環として行われたものである。

2. LRNS法の問題点

地磁気観測所が業務に取り入れているLRNS法に

は、K 指数を速報的に算出するうえで以下の (イ) (ロ) のような問題点がある。また、速報性とは別に (ハ) のような問題がある。

(イ) 欠測があると計算できない

LRNS 法では連続する24時間分のデータから静穏時曲線を推定する。その24時間中に1つでもデータの抜けがあると計算できなくなってしまう。数分程度の抜けであれば、直線内挿等の方法でダミーデータを挿入することで問題を回避できるかもしれないが、もし仮に半日にもおよぶ欠測が発生したとして、そのすべてをダミーデータに置き換えることは現実的な処理とは言いがたい。ひとたび欠測が生じてしまえば、欠測発生から24時間が経過しないと K 指数を算定できないため、速報性が大きく損なわれることになる。

(ロ) 計算区間の区切り方によって精度が異なる

LRNS 法で使用する24時間分のデータの区切り方によっては、同じ時間帯であっても異なる形の静穏時曲線を算出することがある。例えば、3時から6時までの3時間分の静穏時曲線を算出したい場合でも、その日の0時から24時の24時間分のデータで算出した結果と、前日の12時から当日の12時までの24時間分のデータで算出した結果では異なっている可能性がある。ゆえに LRNS 法を使用する場合は、最も信頼できる結果を出力すると期待できる、日変化の小さくなる夜間に計算期間の区切りを設定することが推奨されている。K 指数を速報的に算出するには、計算する24時間分のデータの区切りを準リアルタイムに変えながら計算しなければならないが、データの区切り位置によっては精度に差が出てしまう可能性がある。

(ハ) 擾乱の周期によっては静穏時曲線の推定精度が下がる

磁気嵐の主相の発達時のような、周期数時間以上の擾乱が発生した場合、その擾乱に引きずられたような形の適切ではない静穏時曲線を推定してしまう場合がある。K 指数は実際の地磁気変化と静穏時変化との較差から算出されるため、このような場合は

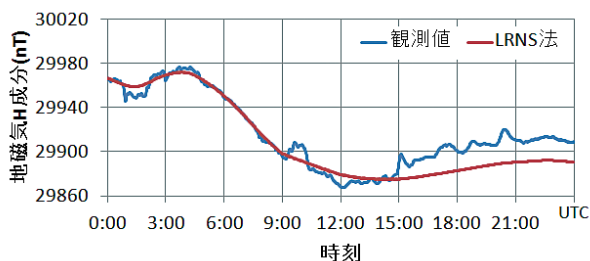


図1 2012年11月1日のH成分。青線が観測値、赤線がLRNS法による推定静穏時曲線。

K 指数を過小評価してしまう。その一例として2012年11月1日の水平成分 (以下 H 成分) の変化と、LRNS 法による推定静穏時曲線を図1に示す。6時から12時にかけて磁気嵐の主相が発達し、100nT以上の変化を示している。LRNS 法による推定静穏時曲線は、その主相の発達に引きずられる形で大きく下にさがっている。通常の静穏時変化は50nT程度の振幅なので、この LRNS 法による推定は明らかに不適切である。実際、6時から9時の間の K 指数はハンドスケールでの読み取りでは5であったのに対し、LRNS 法での読み取りでは2と過小評価されている。この問題は、LRNS 法導入の調査段階から認識されていながら (小池 他 (1998))、現在まで有用な改善策を見出すことができていない。

3. 新手法

前章の3つの問題点を LRNS 法の改良により解消することは困難と考え、新手法を開発することにした。

新手法の基本的なアイデアは以下の2点である。

- ・毎正時瞬間値を結んだ1時間ごとの折れ線で静穏時曲線を表現する
- ・各々の時間帯の折れ線が過去の統計から妥当と考えられる範囲を超えた場合は修正を施す

図2に模式図を示す。図2 (上) の長破線が毎正

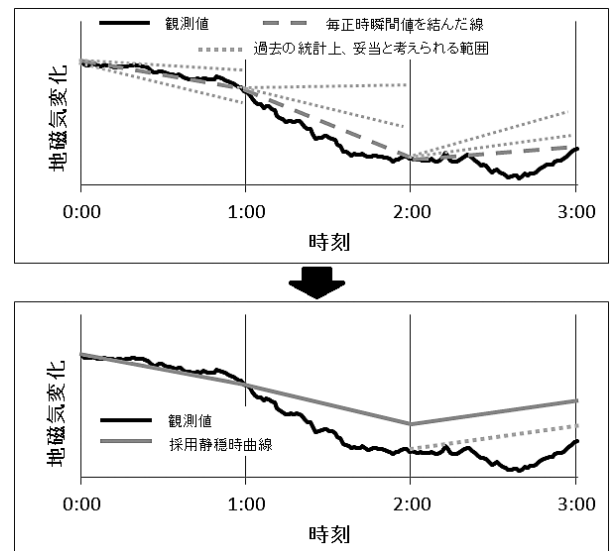


図2 新手法の模式図。上図の長破線は毎正時瞬間値を結んだ直線、点線で挟まれた範囲が過去の統計から静穏時曲線として妥当と考えられる範囲。下図が採用静穏時曲線。1時台と2時台は上図の点線の範囲を逸脱しているため、修正が加えられている。また、2時台の採用静穏時直線の始点は1時台の線の終点に繋がるよう平行移動している。点線は平行移動前の直線。

時瞬間値をそれぞれ結んだ折れ線、点線が過去の統計から求めた、各々の折れ線が収まるべきと考えられる範囲を表している。0時台の時間帯では、長破線が点線の示す範囲に収まっているため、長破線をそのまま静穏時曲線として採用する。一方で1時台および2時台の時間帯では、長破線は点線が示す範囲を逸脱しているため、点線の範囲に収まるように修正を加える。また、修正が加わった時間帯では、修正後の直線の終点が正時瞬間値と一致しなくなる。このような場合でも静穏時曲線に不連続を生じさせないように、次の時間帯での直線の始点が前の時間帯の終点と繋がるように上下に平行移動させる。最終的な採用静穏時曲線は図2（下）のようになる。

新手法では静穏時曲線の算出に毎正時瞬間値しか使用しない。このため、短期間の欠測が生じたとしても、静穏時曲線算定に大きな影響は与えることなく、仮に長期間の欠測が生じたとしても、復旧後速やかに静穏時曲線の算定を再開することができると考えられ、前章（イ）の問題点の改善が期待できる。また、24時間ごとを一区切りとする LRNS 法と異なり、新手法では1時間ごとが一区切りとなるため、前章（ロ）の問題点は発生しない。また、過去の統計を参照することで、静穏時曲線が長周期の磁場擾乱に引きずられにくくし、（ハ）の問題点を改善できると期待される。さらに、1時間ごとに静穏時曲線を決められることから、地磁気の擾乱具合を1時間ごとに自動判定し、速報発信に利用することも可能になると考えられる。

次節から上記のアイデア2点について詳しく述べる。

3.1 毎正時瞬間値を結んだ1時間ごとの折れ線で静穏時曲線を表現する

K 指数が0と判定されるような地磁気活動が極めて静穏な時間帯は、想定される静穏時変化と実際の地磁気変化との差がほとんどないということを意味する。図3に、1日を通してK 指数が0と判定され

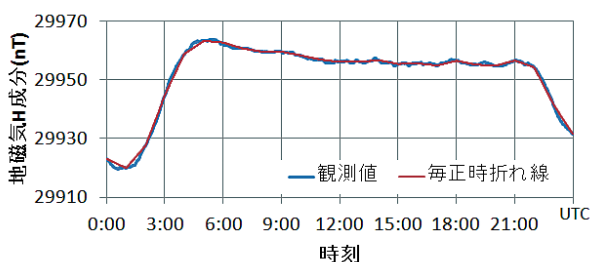


図3 K 指数が全ての期間で0と判定された2012年10月20日のH成分。青線が観測値、赤線が毎正時を結んだ1時間ごとの折れ線。

た2012年10月20日のH成分の変化を示す。これに毎正時を直線で結んだ折れ線を重ねてみる。図の見た目の印象からは、この1時間ごとの折れ線表現でも静穏時曲線のある程度的確に表現できているように感じられる。

この折れ線表現が実際にK 指数0をどこまで正しくの中させるかを調査した。1992年～2012年の20年分の確定毎分値から、H成分とD成分それぞれでK 指数0と判定された日時を抜き出し、折れ線表現から読み取られたK 指数との比較を行った。その正答率と誤答率を表1に示す。概ね、75%程度の正答率であり、99%以上が1以下と判定される。また、3以上と判定された事例は存在しない。次章で詳しく述べるが、これは LRNS 法の正答率と同等の成績である。K 指数0の判定においては折れ線表現でも LRNS 法と同程度の妥当な判定が行えることが分かった。

3.2 過去の統計から妥当と考えられる範囲を超えた場合は修正を施す

K 指数が0以外の時間帯にも折れ線表現を適用しようとする場合、単純に毎正時を結んでしまうと、例えば磁気嵐中などの長周期の地磁気変化に引きずられてしまい、前章で述べた LRNS 法の（ハ）と同様の問題が発生してしまう。そこで、各々の時間帯における直線が取り得る傾きに制限を与えることを考える。前節の調査で使用した1992年～2012年のK 指数0の日時において、各月、各時間ごとに取り得た直線の傾きの最大値と最小値を調べた。静穏時曲線として妥当な直線の傾きは、その最大値と最小値を超えない範囲に分布するものと考え、もし単純に毎正時を結んだ直線の傾きがその最大値（もしくは最小値）を超えた場合は、その最大値（もしくは最小値）を妥当な静穏時直線の傾きとして適用するものとした。例えば、H成分で1月の0時台においてK 指数が0であった事例は237事例あり、傾きの最大値は5.50nT/hour、最小値は-18.00nT/hourであった。もし、1月の0時台に単純な毎正時直線の傾きが7.20nT/hourになったとすると、K 指数0のときの最大傾きを超えているので、5.50nT/hourをその区間の静穏時直線の傾きとして採用する。図4

表1 折れ線表現でのK 指数正答率。ただし、1992年～2012年のK 指数0と判定された日時のみでの調査結果。

成分	正答率	0→1 誤診率	0→2 誤診率
H成分	76.5%	23.3%	0.2%
D成分	75.0%	24.1%	0.9%

に2012年10月8日のH成分を例として示す。6時ごろから磁気嵐の主相が発達しており、そのまま毎正時を直線で結んだ線では主相の発達に引きずられる形となり、もっともらしい静穏時曲線にはならないが(図中赤線)、上述の方法で傾きに制限を加えれば主相の発達の影響を軽減することができる(図中緑線)。

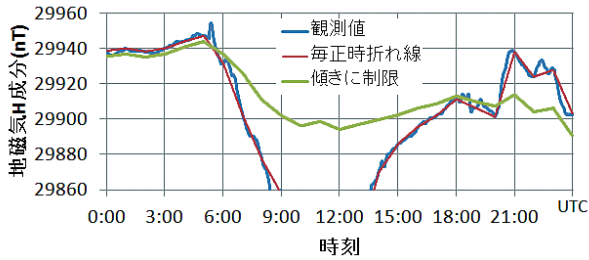


図4 2012年10月8日のH成分。青線が観測値、赤線が毎正時を結んだ折れ線、緑線が各時間帯における直線の傾きに制限を加えたもの。

4. LRNS法と新手法との比較

4.1 正答率

新手法がどの程度正しくK指数を読み取ることができるかを評価するため、LRNS法での読み取り結果との比較を行った。期間は2008年から2012年で、地点は柿岡である。新手法での読み取りには、確定毎秒値を使用した。確定毎秒値には発雷時などに発生するパルス状のノイズや、感度測定用の較正信号のようなステップ状の異常値が含まれる。そこで、前後差(あるデータとそれの1秒前のデータの差)が5nT以上ある場合をパルス状の異常値として除去(欠測扱い)した。また、柿岡構内にある副磁力計のデータと確定毎秒値の差をとり、過去2時間分の差分値の中間値から2nT以上の差があるものはステップ状の異常値と判断し除去した。一方で、比較対象となるLRNS法での読み取りでは、異常値を欠測扱いするとその日一日でK指数を判定できなくなるため、すでに異常値処理がなされ、欠測の存在しない確定毎分値を使用した。LRNS法と新手法のそれぞれの正答率を表2~4に示す。横にハンドスケールでの読み取り値、縦にハンドスケールの読み

表2 LRNS法および新手法の正答率(H成分)。横がハンドスケールでの読み取り値、縦がハンドスケールと各手法での読み取り値の偏差、表中の数字はそれぞれの場合の事例数を表す。

ハンドスケール	0		1		2		3		4		5		6		7	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
-3																
-2						15	5	9	8	3	1	6		0		
-1				635	476	328	531	234	309	106	85	34	30	8	6	1
0	4402	4438	2702	3270	1964	1828	855	768	169	197	53	64	5	8		
+1	1525	1776	1001	592	186	126	16	29	7	2						
+2	331	44	19	19		3										
+3																
正答率	70.3%	70.9%	62.0%	75.1%	78.8%	73.3%	76.8%	68.9%	59.3%	69.1%	56.4%	68.1%	35.7%	57.1%	0.0%	0.0%

表3 LRNS法および新手法の正答率(D成分)。記述方法は表2に同じ。

ハンドスケール	0		1		2		3		4		5		6	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
-3														
-2						7	8	2	2	2				
-1				627	366	338	362	144	144	55	36	11	5	1
0	5888	5695	1999	2732	1497	1542	545	532	80	99	17	23	3	3
+1	1521	2169	1059	652	186	115	6	19	1	3				
+2	538	102	67	2		0								
+3	22	2				0								
+4		1				1								
正答率	73.9%	71.5%	53.3%	72.8%	73.8%	76.0%	78.2%	76.3%	58.0%	71.7%	60.7%	82.1%	75.0%	75.0%

表4 LRNS法および新手法の正答率(H, D成分のどちらか大きい方)。記述方法は表2に同じ。

ハンドスケール	0		1		2		3		4		5		6		7	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
-3																
-2						12	5	7	5	4		6				
-1				615	372	355	504	227	297	118	89	36	30	8	6	1
0	3473	3225	2623	3482	2256	2223	1020	933	188	224	59	72	8	10		
+1	1344	1978	1421	856	288	177	19	38	7	3						
+2	440	68	65	13		2				1						
+3	15	1		1												
正答率	65.9%	61.2%	55.5%	73.7%	77.5%	76.4%	80.1%	73.3%	59.3%	70.7%	57.8%	70.6%	50.0%	62.5%	0.0%	0.0%

取り値と LRNS 法および新手法での読み取り値の偏差を、表中の数字はそれぞれの項目に該当する事例数を表している。例えば、ハンドスケール 2 で偏差 + 1 の項目は、K 指数がハンドスケールで 2 と判定されたもののうち、各手法で 3 と判定された事例の数を表している。網掛け部分は偏差 0、すなわち正答した事例数である。H 成分と偏角成分（以下 D 成分）、両成分でどちらか大きい方のみを採用した場合とで別々に集計した。正答率は、例えば K 指数 0 の正答率では、「(ハンドスケール、計算機読み取りでともに K 指数 0 と判定された数) / (ハンドスケールで K 指数 0 と判定された数) × 100」として計算した。太字で示されている部分は、他方に比べて正答率がより高かったものである。同率だったものも太字で表している。

概して新手法の方が正答率が高い傾向にあるが、それほど極端に差があるわけではない。また、K 指数 3 の正答率は、いずれの成分でも LRNS 法のほうが高い。K 指数 7 は、どちらの方法でも正答することができなかった。また、新手法では D 成分でハンドスケールの K = 2 を 6 と判定した事例が存在する。これは 2011 年 3 月 11 日の東日本太平洋沖地震の発生で副磁力計の計測が止まってしまい、同時に主磁力計が地震で回転した際に生じたステップ状の異常値を除去できなかったために起こったものであり、新手法の K 指数読み取り方法に直接の原因があったものではない。

K 指数 0 から 2 を「穏やか」、3 と 4 を「やや乱れている」、5 以上を「乱れている」と 3 グループに分けたうえでの正答率を比較した結果を表 5 ~ 7 に示す。横がハンドスケールでの判定、縦が LRNS 法および新手法での判定、網掛け部分が正答した事例数である。「やや乱れ」判定では LRNS 法が、それ以外では新手法のほうが正答率が高かった。これは新手法が K 指数 3 の判定成績が悪かった影響と考えられる。新手法では D 成分で「穏やか → 乱れている」の大外れが 1 例のみ存在するが、これは前述した東日本太平洋沖地震の影響によるものである。また、LRNS 法には「乱れている → 穏やか」の大外れも 1 例のみ存在する。これはまさに 2 章の図 1 で示

した事例である。一方で新手法では、このような大外れは存在しない。

4.2 スレットスコア

表 5 ~ 7 を見ればわかるとおり、地磁気の活動度は「穏やか」が圧倒的多数であり、「やや乱れている」や「乱れている」はごく少数である。このような稀にしか起こらない事象の予測精度の評価にはスレットスコアがよく用いられる。これは、稀にしか起こらない事象が「起こった」か「起こらなかった」かの 2 つのカテゴリーに分けてその精度を評価するもので、スレットスコアおよび空振り率、見逃し率は表 8 中の表記を用いて次のように定義される（気象庁予報部（2013））。

$$\text{スレットスコア} = \frac{D}{B + C + D}$$

表 5 3 段階評価での正答率（H 成分）。横がハンドスケールでの読み取り値、縦が各手法での読み取り値、表中の数字はそれぞれの場合の事例数を表す。

ハンドスケール	穏やか(0-2)		やや乱れ(3,4)		乱れている(5-9)	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
穏やか(0-2)	12903	12960	246	318	1	0
やや乱れ(3,4)	205	148	1146	1079	41	30
乱れている(5-9)	0	0	7	2	67	79
正答率	98.4%	99.9%	81.9%	77.1%	61.5%	72.5%

表 6 3 段階評価での正答率（D 成分）。記述方法は表 5 に同じ。

ハンドスケール	穏やか(0-2)		やや乱れ(3,4)		乱れている(5-9)	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
穏やか(0-2)	13474	13628	148	146	0	0
やや乱れ(3,4)	275	120	686	686	11	5
乱れている(5-9)	0	1	1	3	21	27
正答率	98.0%	99.1%	82.2%	82.2%	65.6%	84.4%

表 7 3 段階評価での正答率（H, D 成分のどちらか大きい方）。記述方法は表 5 に同じ。

ハンドスケール	穏やか(0-2)		やや乱れ(3,4)		乱れている(5-9)	
	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法	LRNS法	新手法
穏やか(0-2)	12539	12713	238	302	1	0
やや乱れ(3,4)	368	194	1345	1284	42	30
乱れている(5-9)	0	0	7	4	76	89
正答率	97.1%	98.5%	84.6%	80.8%	63.9%	74.8%

表 8 スレットスコアでの評価におけるカテゴリー分け

稀な事象		推定	
		起こらないと予測	起こると予測
実際	起こらなかった	A(ありふれた事象を的中)	B(空振り)
	起こった	C(見逃し)	D(稀な事象を的中)

$$\text{空振り率} = \frac{B}{B + D}$$

$$\text{見逃し率} = \frac{C}{C + D}$$

H, D成分のどちらか大きい方を採用した場合で、稀にしか起こらない事象として、K 指数3以上と設定した場合と K 指数5以上を設定した場合での LRNS 法と新手法のスレットスコア、空振り率、見逃し率を表9, 10に示す。成績の良かった方を太字で表している。

K 指数3を閾値とした場合の見逃し率は LRNS 法の方が成績が良い。しかし、それ以外はすべて新手法の方が好成績である。このことから、新手法は K 指数3を小さめに判定してしまう傾向はあるものの、K 指数が大きい場合の判定精度は LRNS 法よりも優れていることがわかる。

4.3 推定静穏時曲線の形

地磁気が静穏だった日、磁気嵐が起こった日などのいくつかの事例を抽出し、LRNS 法および新手法によって推定された静穏時曲線の見た目の違いについても比較した。

図5は地磁気が静穏であった2012年9月26日のH成分である。図中の数字は、ハンドスケールで読み取られたK指数およびLRNS法、新手法で読み取られたK指数である(新手法のK指数のみ1時間ごと24個の数字が示されているが、これについては次章で述べる)。新手法の推定曲線は折れ線であるので多少角ばって見えるが、LRNS法および実際の地磁気変化とも大きな違いは無く、K指数の読み取りにおいてもLRNS法、新手法ともにほぼ適切に行えている。一方、図1で示した2012年11月1日の磁気嵐時のH成分に新手法の推定曲線を追加したものを図6に示す。6時から12時の磁気嵐の主相で、新手法では減少幅が小さくなり、K指数の過小評価も改善している。図7はハンドスケールでの読み取りでK指数7と判定された区間を含む、2012年3月9日のH成分である。図6と同様、新手法のほうが磁気嵐の主相部分での減少幅が小さく、妥当な推定を行っているように見えるが、LRNS法と同様にK指数7を的中させることはできなかった。

5. 新手法を用いた情報発信

前章の結果から、新手法はLRNS法と比較して同等以上の正答率があることがわかった。特にスレットスコアの成績はLRNS法よりも良く、大きなK指数をより適切に判定できている。加えて、LRNS法が2章(ハ)の問題のため、1日1回のK指数判定

表9 K = 3を閾値とした場合のスレットスコア

	LRNS 法	新手法
スレットスコア	0.708	0.739
空振り率	0.200	0.121
見逃し率	0.140	0.177

表10 K = 5を閾値とした場合のスレットスコア

	LRNS 法	新手法
スレットスコア	0.603	0.724
空振り率	0.084	0.043
見逃し率	0.361	0.252

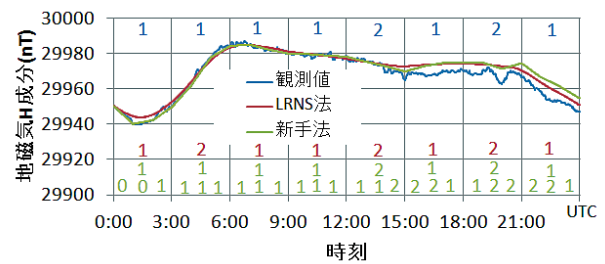


図5 2012年9月26日のH成分。青線が観測値、赤線および緑線がLRNS法および新手法による推定静穏時曲線。数字はそれぞれの手法で読み取られたK指数。新手法のみ1時間ごとの「過去3時間内の疑似K指数」を記載している。

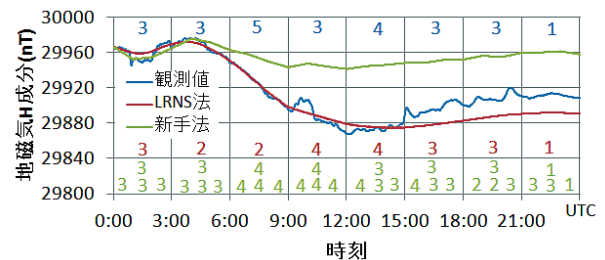


図6 2012年11月1日のH成分。線の色、数字の意味は図5に同じ。

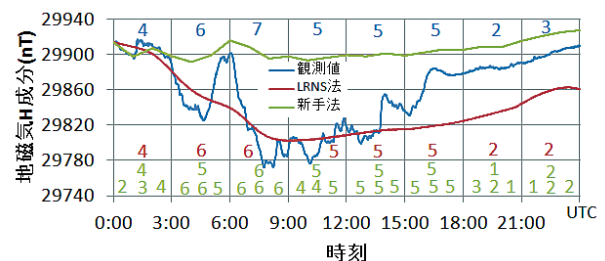


図7 2012年3月9日のH成分。線の色、数字の意味は図5に同じ。

気象庁 地磁気観測所 Kakioka Magnetic Observatory

● サイトマップ

ホーム 観測所について 観測資料 基礎知識 お知らせ 刊行物 調査

磁気嵐速報
現在、磁気嵐は発生していません。

過去3時間内の地磁気活動

 14日4時から7時まで(世界時)の柿岡の地磁気活動は**穏やか**です。
(K指数=1)

昨日の地磁気活動

13日(世界時)の地磁気活動は、**やや静穏**でした。
柿岡のK指数日合計値は、11 でした。

図8 2014年8月14日7:30(世界時)ごろの地磁気観測所ホームページ。4時から7時(世界時)の地磁気活動はK指数1相当で「穏やか」という判定がアップロードされている。

とに静穏時曲線を判定するため、最小で1時間ごとの活動度判定が可能になる。K指数は本来3時間ごとに決められる数字であるが、1時間ごとに「過去3時間の疑似K指数」を算出することで、1時間間隔での地磁気活動度評価が可能である。図5～7にはこの1時間毎の疑似K指数も示してある。

この新手法を用いた「過去3時間内の地磁気活動」の速報を2014年6月末より、地磁気観測所ホームページで提供を開始した(図8)。1時間ごとの疑似K指数とともに、4.1節で定義した「穏やか」「やや乱れている」「乱れている」の3グループの判定と、それを視覚的に表すロゴマークの表示を行っている(図9)。更新間隔は1時間であるが、静穏時直線の判定間隔を短縮する(例えば30分ごと)などの工夫を行えば、将来的にはさらに更新頻度を上げることができると思われる。

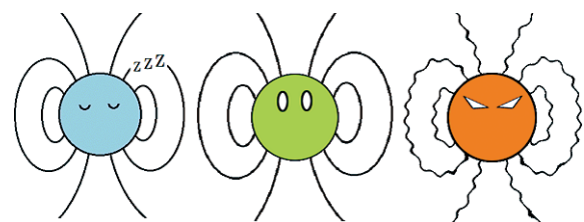


図9 地磁気活動を表すロゴマーク。左が「穏やか」、中央が「やや乱れている」、右が「乱れている」を表している。

6. まとめ

静穏時変化を1時間ごとの折れ線で表現し、K指数を算出する新しい手法を開発した。IAGAが推奨するK指数算出手法のひとつであるLRNS法には、

- ・1日分のデータに1か所でも欠測があると、欠測の無い時間帯においても算出できなくなる
- ・速報性が低い

・擾乱の周期によっては精度が下がる
という欠点があったが、新手法はそれらの欠点を改善することができた。K 指数の判定精度も概ね LRNS 法より成績が良く、スレットスコア、空振り率、見逃し率の評価でも、特に K 指数 5 を閾値とした場合で LRNS 法よりも高い成績を取めた。

地磁気活動度を「穏やか (K 指数 2 以下)」、
「やや乱れている (K 指数 3 および 4)」、
「乱れている (K 指数 5 以上)」の 3 段階でカテゴリー分けし、新手法を用いて 1 時間ごとに評価した結果を地磁気観測所ホームページで速報発信するサービスを 2014 年 6 月末より開始した。静穏時直線を判定する時間間隔を短縮するなどの改良を加えれば、1 時間よりもさらに短い間隔で更新することが可能になると考えら

れる。

参考文献

- Hattingh, M., L. Loubser, D. Nagtegaal, Computer K-index estimation by a new linear-phase, robust, non-linear smoothing method, *Geophys. J. Int.*, 99, 533-547, 1989
- IAGA News, 32, 27-28, 1993
- 気象庁予報部, 平成25年度数値予報研修テキスト, 130-134, 2013
- 小池捷春, 玉谷智佐, 長谷川一美, デジタル K 採用に関する調査—試験運用結果とその評価—, 地磁気観測所技術報告, 38 (1), 1-10, 1998
- 山田雄二, K 指数決定のデジタル化について—LRNS 法の場合—, 地磁気観測所技術報告, 37, 58-68, 1997

A new computational method for rapid estimation of the K-index

by

Shingo NAGAMACHI

Kakioka Magnetic Observatory

Received 30 September 2014; received in revised form 21 January 2015;
accepted 30 January 2015

Abstract

We have developed a new computational method for estimating the K-index. This method represents the quiet-day pattern of geomagnetic variation by a polygonal curve with inflection points at intervals of one hour. The accuracy of this new method is higher than that of the Linear-phase Robust Non-linear Smoothing (LRNS) method; in particular, we have obtained good results for the $K > 5$ threat score. By using this method, we have begun to upload rapid geomagnetic activity estimates onto the website of the Kakioka Magnetic Observatory.