北九州デッカ・チェンの評価と伝搬特性 (瀬戸内海西部)

田口一夫* ・ 川平浩士**・ 西本金三***
中根重勝****・ 中島 裕*****
佐藤尚登** ・ 松尾 晋* ・ 藤山豊和*

The Evaluation Test of the Kita Kyushu Decca Chain and the
Studies on the Propagational Characteristics of Decca Frequencies
(Western Part of the Seto Naikai)

K. Taguchi, H. Kawahira, K. Nishimoto,
S. Nakane, Y. Nakajima, H. Sato, S. Matsuo
and T. Fujiyama

Abstract

In fall of 1970, Decometer readings were carried on simultaneously at four points, every 10 min. in daytime and 5 min. at night during 72 hours continuously. The consideration of selection of these points was made carefully in order to analysis data under uniformal propagation conditions.

The constant deviations at each point and pattern were found respectively, but the correlation between the distance from the transmitter and the deviations could not ascertain clearly. Because the author considered that a large amount of deviation at each point might be introduced from the neighbouring interference on account of geological position. In the case of Red pattern, however, 3 points are positioned nearly on the great circle, and also, the deviation increased was proportionally to the distance from the transmitter. The stability of Purple pattern is $\pm 2-3$ cel during daylight, correspond to the distance in about 7-12m.

To the contrary, from the transient time or so the Decometer readings will be oscillate gradually and progressed to night variation like the sine wave. These phenomenon are presumably introduced from the contamination of the skywave. Since the night variation is a large, the phenomea was caused by the variaton of the virtual height. The phenomena above could not analysed at the present time.

*鹿児島大学水産学部 (鹿児島市下荒田町 470)

**広島商船高等専門学校 (広島県豊田郡東野町3 000)

***弓削商船高等専門学校 (愛媛県越智郡弓削町大字下弓削)

****長崎大学水産学部 (長崎市文教町1-14)

*****大島商船高等専門学校 (山口県大島郡大島町小松)

1. 序 論

デッカ・システムはわが国でも多くの人々によつて研究されている〔1, 2, 3 など〕。しかしながら、LF帯の伝搬特性、なかでも地表波の状況は、伝搬径路、送信局からの距離などによつて多種多様であり、これらについては十分に研究されたとはいえない。ことに、わが国のように、基線上にある山岳地帯の比率が多く、しかも比較的長い基線長という悪条件下では、英国におけるデッカ・システムの研究成果をそのまま使うことはできない。就中、100mの起伏によつても影響される位相値の変化〔15〕は、沿岸における使用上最も考慮せねばならぬことの一つである。

一方、船位精度向上への要求は、近年非常にたかまつてきた。さらに海上での行動が各分野に広まるにつれ、視界不良を含めて夜間などでも、常に船位保持に対する必要度も比例してきた。従つて精度の高いデッカ・システムは、これに対する最適な航法になるが、そのためには、まず広範囲な連続同時測定による、完全な評価を行なわねばならない。

図1 Configuration of observational points in the western part of Seto Naikai. the observations were made simultaneously at the all points (16—19 Nov 1970).

われわれは4測点を瀬戸内海西部(図1)に設定して、共同実験によつて、マイクロな伝搬特性を解明し、あわせて本チェンの評価を行なつた。測定結果から多くの特性が見出されたが、実験が1回のため資料が不足の面もあり、また不馴れのために、必ずしも最適のデータを得ることができなかった。本論は第1報として、二つの特異点について考察を行なつた。なお今後とも実験を行ない、本テーマを重ねて究明すると共に、新たな問題の解明に取り組む予定である。

2. 測 定

測定点はできるだけ海上にとり(図1)周辺環境の干渉を防止し、伝搬径路を海面にして導電率を等しくする。しかも位置の設定は、解析の容易のように基線上、または相互間の距離を一定比とするように、配慮したのが床波、姫島、奈多の諸点である。デッカ・システムの利用上からは、海岸近くの特性を究めたい。そのため、陸地からの再輻射を含め、回折、反射波の影響(干渉)をみるのに、紫局から海岸に沿つた伝搬径路をとるように、長浜を選定した。さらに長浜では、肱川の吹き出し霧を避けるのに、同川口の西方に位置をきめた。

測定は表1のように行なつたが、各点の測定開始、終了時刻は多少の相違がある。奈多測点の位置は、測定に好目標を欠くため、±50mの誤差が含まれると思われる。姫島、長浜のように、錨泊*した船上の測定環境は秀れているが、床波、奈多では伝搬妨害が予期されないでもない。しかしこれらは、今後の測定により解明されることを期待して、今回はすべて安定した測定値とみなして考察した。また同時期に実施された海上保安庁“わかくさ”のシステム測定の資料を活用できるように考慮した。

* 船首双錨泊で船尾錨を打つた

表 1 Measuring data.

The observation was made at ship fixed by two bow anchor
and kedge anchor.

receiving point	position		date of observation	interval of observation	no. of observers	sea/land *
	lat.	long.				
Himeshima	33°43.3	N 131°42.0 E	1970 Nov 16—19	{ night (15—07) 5 min. day (07—15) 10min.	4 person	sea
Tokonami	33°56.8	131°18.8	Nov 16—19		4	land
Nada	33°26.3	131°43.3	Nov 16—19	//	4	land
Nagahama	33°36.3	132°28.4	Nov 16—19	//	4	sea
Hososhima	32°25.2	131°41.3	Apr 8—11	all day 5 min.	4	land
Kagoshima	31°34.9	130°34.1	1969 Nov 14—17	//	4	sea

* sea/land suggests the site of observation

表 2 Distance table from transmitter to measuring point. (n.m.)

	Master		Red		Green		Purple	
	total	land(%)	total	land(%)	total	land(%)	total	land(%)
Tokonami	64.0	16.4(69)	105.8	3.12(29)	122.9	74.8(55)	55.6	— (0)
Himehsima	76.1	47.2(61)	129.2	11.2(9)	124.1	89.4(66)	32.4	— (0)
Nada	77.4	77.4(100)	139.6	104.5(24)	112.3	74.7(61)	21.6	3.2 (1)
Nagahama	115.4	37.6(67)	167.9	31.9(57)	148.3	99.4(23)	16.7	— (0)

3. 考 察

既述のように、今回の共同実験は第1回であるから、測定資料の信頼性、反覆性などが充分でない。従つて、比較的特性を見出すことのできた次の3点について考察を行なつた。

- 1) 各測点ごとの定偏差
- 2) 夜間における位相差値の振動様式
- 3) 海岸線誤差を含む海岸線の影響

3.1 各測点ごとの位相差値の変化 (主として昼間値)

各測定でえた位相差値を処理したのが表3である。全般的に昼間の値は、標準偏差で1~3celであるから、デッカ・システムの所期の精度を保っている。これに反し、夜間の変動幅は著しく大きい、本海面のレーン幅(距離)に換算すると、紫パタンで±40~60m、緑パタンで±70~130mの誤差となる。

各パタンごとの偏差、標準偏差は、デコメータ値の安定している昼間に測得したものを、対象にして考察する。

測点群の各パタンにおける定偏差の極性は等しいが、奈多(赤)、床波(緑)と姫島(紫)の偏差量には著しい差がみられる。しかし、これは他の3測定点の方を正常とし、この差はむしろ

receiving point date	Day									Night										
	Red				Green			Purple		Red				Green			Purple			
	time	n	mean	sigma	n	mean	sigma	n	mean	sigma	time	n	mean	sigma	n	mean	sigma	n	mean	sigma
<u>Nada</u>			lane			lane			lane				lane			lane			lane	
Nov 16											19-06	144	21.048	0.205	142	30.400	0.083	143	68.119	0.116
17	08-15	46	21.026	0.010	45	30.392	0.010	48	69.046	0.033	19-06	137	.123	.222	135	.393	.077	131	.144	.096
18	08-15	48	20.983	.020	48	.366	.008	47	.078	.032	19-06	137	20.949	.280	135	.343	.089	143	.137	.112
19	08-14	39	21.003	.015	42	.369	.008	41	.062	.023										
total		138	21.005	0.025	135	30.375	0.015	128	69.062	0.025		421	21.045	0.239	420	30.378	0.086	420	68.132	0.112
devi- ation			cel	m		cel	m		cel	m				m			m			m
			-2.1	36		-1.3	22		-34.4	9				345			127			39
<u>Nagahama</u>																				
Nov 16											19-06	140	15.896	0.157	144	34.475	0.167	144	74.566	0.236
17	08-15	48	15.869	0.019	48	34.426	0.007	48	74.514	0.014	19-06	140	.831	.210	143	.363	.128	144	.398	.250
18	08-15	48	.869	.025	47	.422	.007	48	.480	.023	19-06	137	.879	.170	142	.473	.145	139	.673	.191
total		96	15.869	0.022	95	34.424	0.007	96	74.497	0.026		417	15.874	0.175	431	34.437	0.158	431	74.520	0.248
devi- ation			+37.4	42		-6.2	14		-26.3	28				334			120			271
<u>Himeshima</u>																				
Nov 16											19-06	143	16.740	0.127	142	30.383	0.064	144	54.995	0.104
17	08-15	48	16.741	0.012	48	30.388	0.005	48	54.953	0.012	19-06	139	.740	.151	139	.385	.076	139	.920	.124
18	08-15	48	.753	.018	48	.393	.011	48	.955	.029	19-06	143	.715	.142	144	.367	.071	142	55.006	.100
total		96	16.747	0.017	96	30.390	0.009	93	54.954	0.019		430	16.731	0.140	429	30.376	0.071	428	54.974	0.114
devi- ation			+30.0	24		-1.9	15		-26.5	7				197			118			40
<u>Tokonami</u>																				
Nov 16	14-16	24	12.118	0.021	23	43.478	0.006	24	75.314	0.029	19-06	286	12.132	0.117	288	43.501	0.049	288	75.432	0.136
17	08-16	96	.088	.019	93	.480	.015	96	.375	.027	19-06	287	.085	.125	284	.479	.046	288	.341	.158
18	08-16	89	.141	.011	88	.466	.010	96	.513	.023	19-06	284	.101	.122	285	.467	.043	288	.402	.156
19	08-12	46	.072	.016	48	.502	.032	47	.297	.025										
total		263	12.106	0.032	247	43.476	0.016	264	75.333	0.041		856	12.106	0.122	852	43.482	0.047	864	75.392	0.155
devi- ation			+24.9	33		-28.1	31		-35.1	14				127			90			55

表3 Decometer readings and their statistalled figures were taken from the simultaneously observations in the western part of the Seto Naikai, during 16—19 Nov 1970, every 5/10 minute.

測点自体の地域特性によるものと推定したいが、今後の課題とする。また定偏差量と各局との相関、たとえば距離との著しい関連を見出すことはできないが〔14〕、反面測点数が不十分のために、1点に地域的偏差があつても、それが影響することによつて、満足な結果が得られなかつたとも思える。測得値から各パタンごと、大略次の傾向がえられた。

i) 赤パタン……従局（上県）から測点に入る直前の径路が、陸地なのは奈多だけであり、他点はすべて海面で同一大圏上に位置する。奈多の偏差を除いた、偏差対従局からの距離をプロットすると、ほぼ一直線になる。これらの主局からの陸上伝搬距離比は等しいから、偏差は従局からの距離に比例することになり、偏差量の生じた原因は、赤パタン（113kHz）の海上伝搬速度に起因するといえよう。

ii) 緑パタン……床波以外の3測点では、従局（長島）からはすべて陸上とみられる。主局からの径路において、海面の占める比は少ないし、両局の距離差と定偏差の違いは、次のようなので位相差の誤差は少なく、実距離では20m～100mの定偏差と、標準偏差の距離換算も±15～28mである。（姫島 115km—○1.9, 奈多90km—○1.3, 長浜80km—○6.2）

iii) 紫パタン……各測点と距離の相関をうることはできないが、主従局の距離差が、赤パタンと逆の関係であるから、○値に偏差がでたことは、主局の陸上伝搬速度に原因すると推定できる。長浜以外における変動幅（標準偏差）でも実距離換算は4～14mであり、本海面で最も精度がよい。

標準偏差は全測点とも、紫・赤・緑の順で倍比に比例しているが、測点間では床波のみが大きい。このことは床波の位置によるものと思われるが、地表波の伝搬不安定よりは、むしろLF雑音による可能性が有力であろう。全測点の標準偏差の距離換算は表3のように、6～40m

図. 2 The night pattern of Decometer readings.

These patterns were introduced from every 5 minutes observation,

の精度である。

3.2 夜間における測定値の変化と変動

図 2 は日没過渡期と夜間における、デコメータ値のプロットの一例である。各地の測定パターンは全体として定偏差をもち、そのまま正弦波的变化になつてゆく。即ち日没時には振幅が増大し、夜間の変化となるが、日出時には反対の変化をする。これは空間波が混入して、位相値が変化したことを意味するが、測定値はミクロな変動をしながら、マクロ的には長周期の変化をする。

4 測点の主局からの距離は 65~110 哩にあるが、夜間 L F 波では送信局から約 100km にて空間波の混入が認められる [13, 16]。それによる位相変化量は、地表波対空間波の電界強度の大きさによるから、デッカ・メモ・プラン140 [5, 16] の式によつて求めると、* 径路が陸上また

* 九州の大地導電率を $\sigma = 1 \times 10^{-13}$ e.m.u としたが、距離が短かいので、 $\sigma = 1 \times 10^{-14}$ e.m.u としてもさしたる違いはない。

は海上であつても、単一送信では約 16~26 dB と地表波の方が大である。一方赤、緑従局からは距離的にみて空間波となるが、紫従局からは海上伝搬で、近距離であるから地表波である。さらにこれをもととした、位相誤差の値は最大数 cel である [13]。図 2 の紫パタンの正弦波的变化は、振幅が $\pm 10 \sim 20$ cel になり、しかも空間波は主局（単一送信）であるから、これら計算値とは一致しない。測定値の変動は干渉性フェージングとみられるが、ここに現われたマクロな長周期変化は、特異な現象なので、力点をおいて考察したい。

本チェーンの設置調査では、主局位置から 100 kHz を送信して、夜間の電界強度測定を行なつたが、瀬戸測点では“干渉性フェージング（約 20 分周期）”を、また長島、対馬では長周期の変化をしたと報じている [6]。同じく位相測定では、瀬戸において 95% の確率で 25° 前後の変動を、さらに国東では $15 \sim 20^\circ$ であつた。

一般に LF 帯以下では、電界強度と位相とはかなり相関があるが、ここでは明確に現われていない。しかし調査報告をもとにすると、正弦波的变化は Rayleigh 分布の干渉性フェージングとは認められない。ただ受信点では、主局より従局への同期信号の伝搬径路（基線）をも考慮すべきであり、この場合上記誤差量が同期誤差となるとすれば、本測点群ではそのままで $30^\circ \sim 35^\circ$ となる。しかし、従局の同期能力、伝搬距離、変動パターンから見て、同期誤差によるものとは推定

できない。また、LF帯に影響を及ぼす、solar flare 出現 [11]、犬吠での SPA's [9] 並びに phase disturbance [17] との相関も発見することはできなかった。

これらのことから、図3の正弦波的变化は、LF帯に対する電離層の特質によるものと言えよう。同じく100kHz帯であるロランの長距離伝搬には、電離層への入射角度が小さいこともあつて、D領域の下部にもう一つの反射層がみられる。即ち2層の反射層の存在を推察できる記録が得られた [10]。デッカ周波数帯にあつて、本例のように伝搬距離が短い場合は、夜間の反射層が高くなってE層になるが、高さを100kmとした時の入射角は約 $28^{\circ} \sim 42^{\circ}$ である。こうした鋭角をもつ場合の反射層の高さは、ランダムに現われて、測定値もこれに対応すると考えること

ができるし、ひいては干渉性フェージングの一因となる。本測定でも、こうしたパターンをえているが、ほとんどフェージングを認めない事例も時にはある。

図2のパターンをi) 日没時とii) 夜間に分けて考察する。

3.2.1 日没時

本測点群の距離差は最大55浬であるが、各パタンの変化様式は周波数毎に振幅、位相の近似していることが多い。従つて反射層の特性は、各測点に対してほぼ一定とみることができる。LF帯では日没時に、信号の電界強度が急減した後、数回振動を繰返してほぼ定値をとることが、日出効果として報ぜられている[8, 12]。このような原因は、日出時に太陽照射によつて生成された、吸収層の異常発達によるとして説明できる。この振動様式は、既述の位相値の変化パターンと酷似しているが、今回は電界強度測定を行なっていないから、両者の相関を見出せない。しかし振幅、位相の相関について、近距離ではみられないとする Weeks [19]、または地上日出まで位相変化が起こらない[12]など、測定者によつて本現象は多様である。本論でとり上げているのは、100 浬の短距離であり、上例の距離はそれ以遠であるから、このように距離差のある場合の、LF帯の空間波では、同一に取り扱えない[1]ので、今後の課題とする。

これらの振動現象の終末は、各点、各パターンともにほぼ0720~0740頃(日出後約1時間)であるが、開始時刻はランダムとなる。即ち、日、測点、対象パターンによつて区々まちまちであるが、空間波が一通路のみの紫パターンでは、同一日の各点では開始時刻がほぼ一致している。これは日没近辺における、電子密度変化の不規則性が、近距離では余り作用しないためと思われる。これら日没時近く位相振動現象は、船位測定に本システムを用いる場合の、精度判定基準となるものである。その発生または終了時刻を、いずれに求めるかは未だ決めがたい。

3.2.2 夜間の変化

既述のように、図2にみられる正弦波的振動は、反射層の変化によるものと推定せざるをえないし、それはE層であり、その上偏波面の変化も生ずると予想される。100 kHz を垂直に打ち上げた場合の反射高さは、84~106kmにあつて約10分間周期で変化するとされている[14]。この結果測定値がミクロ的変動をすることになる。紫パタンの位相差変化の大きいのは、伝搬路が東西であり、主局が西側にあるための磁場による減衰も一原因と思われる[19]。

一方、長い方の周期では、波動が紫パターンに著しく現われるが、長浜のパタンのみは一方に偏した。これは主局からの距離が最遠で、しかも3測点との間に空間波伝搬状態が大きく異なる境界の存在を思わせるものである。また従局からは完全に地表波のみなので、測定値は空間波による反射高さの変化を明らかに示している。これと対照する細島測定パターンでは、伝搬径路上の障害のため主局地表波が減衰し、空間波の信号強度が増大するとみなせる。従つて、同地の変化パタンの振幅が著しいのは、上述の推論を裏付けるものといえよう。しかしながら、これらの振動周期は1~3時間とランダムであるから、原因を推定するのは困難である。

ただE領域の風系は各種の方法で測定され、風向・風速などから、atmospheric tidal oscillation の存在がいわれている[20]。しかし水平面的な変化が垂直面にまで作用し、上述の反射面の変化と結びつくかは不明である。

3.3 海岸線誤差を含む海岸線の影響

長浜南西海岸において、紫パターンからの電波が、海岸線により影響される程度をしるために、11月19日0700より紫パターンに向い距岸500~800mで岸と平行して航走した。この測定結果を航走船位ごとにプロットしたところ、位相差誤差の変化様式は、周期約20分となつた。この周期を、同時に行なわれている他測点の位相変化の周期と比較したところ、かなり一致するようである。

しかも長浜測点の変化振幅は、前日までの測定からみても 30cel に及ぶことがあるから、海岸線の影響が多少とも推定できるとはいえ、これらの考察は不可能であると結論した。次回は測定時間の配慮などを含めて、本実験を実施したいと考えている。

4. 結 論

昭和45年秋に72時間、5分間隔で瀬戸内海西部の4測点にて北九州デッカ・チェンの同時測定を行ない、LF帯の地表波・空間波について、ミクロ的な変化を知ることができた。

- 1) 紫従局から海上伝搬をする測点群を設定し、これらをほぼ同距離においたにも拘らず、紫パタンについての距離と偏差値の関係を明確にできなかった。
- 2) 各測点特有の偏差量は、各パタンによつて異なるが、その原因は地理的位置、または受信環境によるかは不明である。標準偏差は所定の値を示し、昼間における精度は高い。夜間の標準偏差では、紫パタンにおいて約 $\pm 40\text{m}$ であるから、目的によつては使用に耐えうる精度といえよう。
- 3) 日没過渡期とそれに挟まれる夜間にかけて、空間波のため測定値は正弦波的振動をする。これらは4測点群とも共通であつて、測定日によつては、振動位相、振幅など一致する場合もある。日没時のそれは、電離層電子密度の変化に起因し、電界強度の急変と、同時に発生したと思えるが、開始時刻は不定で、終了時刻は地上日没後約1時間である。夜間のそれは、周期から一種の atmospheric tide と考えられるが、検討の余地がある。
- 4) 海岸線に沿つて伝搬するLF波には陸地が影響すると思われるが、実験時刻の選定が不適のため、結論はえられなかった。
- 5) 本海面における昼間精度は、紫パタン $\pm 10\text{m}$ 以下、赤パタン20~30m、緑パタン15~25mである。しかし日没時刻の前後少なくとも1時間は、空間波混入のおそれがあるから、上述の船位精度は期待しがたい。

なお本研究は、本学会航法研究部会の共同実験テーマとしてとり上げたものである。

謝 辞

本研究をなすに当たり、次の方々の御教示、援助、協力を頂いたことに厚く感謝するものである。

機器の貸与をはじめとする、最大の援助を頂いたセナー株式会社、資料の提供などと対外的折衝に援助下された海上保安庁電波標識課清野浩、只野暢両氏、デッカ海図について水路部編暦課鈴木裕一氏、練習船の参加を許可された弓削・広島商船高等専門学校長及び両船々長と乗組員各位、宿舎の提供を頂いた浜田時義氏及び床波漁業協同組合長殿、機材の運搬、整備の宮重新次氏。

引 用 文 献

- [1] 糟谷 績ほか訳 (DAVIES,K): LFの位相変動, “電離層電波伝搬”, (1966), コロナ社, 392—407.
- [2] 清野 浩: 北海道デッカチェンの測定試験結果, 電波航法 9号, 5 (1968), 4—8.
- [3] 清野 浩: 北海道デッカ測定試験結果第2報, 電波航法 10号, 11 (1969), 4—10.
- [4] 山越芳郎: 北海道デッカチェンのシステム試験について, ANE 67—14, 電通学会, 11 (1967), 18p.
- [5] 渡辺泰夫: R. M. S. 空間波電界強度と単一送信の位相誤差との関係, 海上保安庁デッカ技術資料 203, 海上保安庁灯台部, 5 (1965), 7p.
- [6] 神戸工業: デッカ電波伝播調査報告書 (北九州), 11 (1966), 20p+図45+写真43.
- [7] 藤井 周, 大内長七, 若井 登: Loran—C (100 kHz) 電波強度に現われた SID, 第3回 IASY シンポジウム, 277—286.

- [8] 若井 登, 大内長七, 藤井 周: L F 帯電波強度に現われた太陽フレア効果, 第 40 回電波研究所研究発表会予報, 5 (1971), 1—5.
- [9] 石井隆広雄: 私信, 46. 3. 15.
- [10] 田口一夫ほか: 航行用 100 kHz 電波帯の伝播特性の解析とそれらによる船位精度の改善—1, ロラン C—1, 本会誌39号, 7 (1968), 101—110.
- [11] 大内長七: 私信, 46. 3. 10.
- [12] BELROSE, J. S. : The oblique reflection of CW low frequency radio waves from the ionosphere, "Propagation of radio waves at frequencies below 300 kc/s," AGARADograph 74, (1964), 149—165.
- [13] CILLHAM, R. L. and others : An evaluation of the Decca Navigation system, 'The Civil Aviation Navigational Service Group, Ministry of Transport and Civil Aviation, United Kingdom, 298p.
- [14] HELLIWELL, R. A. : Ionospheric virtual height measurements at 100 kilo cycles, Proc. IRE, 47, (1949), 887—894.
- [15] PRESSEY, A.E., ASHWELL, G.E. and FOWLER, C.S. : The measurement of phase velocity of ground-wave propagation at low frequencies over a land path, Proc. IEE, 100, Pt. III, 64, Mar (1953), 73—84.
- [16] SANDERSON, W. T. : Random phase variations of C. W. signals in the 70—130 Kc/s band, IRE (British), 12—3, Mar (1952), 195—205.
- [17] U. S. NAVAL OBSERVATORY : Daily phase values, Series 4, Nov 1970, # 197, 198.
- [18] WAIT, J. R. and SPIES K. : Influence of earth curvature and terrestrial magnetic field on VLF propagation, J. Geophys. Res., 65, Aug (1960), 2325—2331.
- [20] WHITE, M. L. : Atmospheric tides and ionospheric electrodynamics, J. Geophys. Res. 65—1, Jan (1960), 153—171.
- [19] WEEKS, K. and STUART, R. D. : The ionospheric propagation of radio waves of frequency near 100 Kc/s over short distances, Proc. IEE, 99, Pt. IV, Apr (1952), 29—37.