

# マラヤにおける物理探鉱

吉住永三郎・谷口敬一郎・入江恒爾

## Geophysical Prospecting in Malaya

by

Eizaburo YOSHIZUMI, Keiichiro TANIGUCHI and Tsuneji IRIE

### 1 序 言

昭和39年11月から12月にわたって行なわれたタイ・マレーシアにおける物理探鉱の予備調査によって、昭和40年度に行なり物理探鉱の現地調査は、

- (1) 東南アジア地域に広く分布している鉱石
- (2) わが国と関係の深い鉱石
- (3) 東南アジア地域の技術者に理解されやすく、実施されやすい物理探鉱調査
- (4) 経費の少ない探鉱方法および探査方式

などを考慮して探査の対象をマラヤの鉄鉱床とし、地表探査方式による磁気探鉱法を採用することになった。その結果、昭和40年8月から9月にわたる約30日の間、谷口、入江によって物理探鉱の現地調査がつぎに示す4地区において実施された。なお、地質鉱床学の鈴鹿助教授、港講師による現地調査も同時に実施された。

調査地区は

- (A) Simpang Rengam 地区 (Johore 州)
- (B) Jorak 地区 (Johore 州)
- (C) Lenga 地区 (Johore 州)
- (D) Horse Shoe 地区 (Perak 州)

であって、これら調査地区の位置は図1にそれぞれ符号A, B, C, Dをもって示されている。なおこのほか図1に示すように、マラ

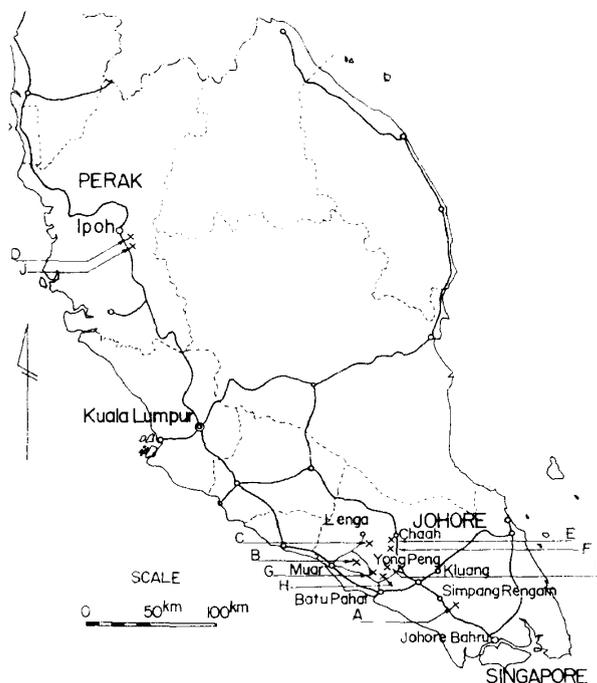


図1 調査地区の位置

ヤ南部の Johore 州では (E) Tui 鉱山, (F) Chaah 鉱山, (G) Parit Sulong 鉱山, (H) Sri Medan 鉱山, (I) Tuago 鉱山・Wahi 鉱山を, マラヤ北部の Ipoh 地方では (J) Chicken 鉱山を調査見学してマラヤの鉄鉱床探査についての全般的なはあくに努めた。以下, この調査の目的, 調査方法を述べ, 調査結果について報告する。

## 2 調査目的

この調査の目的は,

- (1) 既知鉱床について磁気探鉱を行ない, 調査結果と既知鉱床の関係を明らかにすること
- (2) 既知鉱床の周辺部の未開発地区で磁気探鉱を実施し, 鉱床の賦存状態を明らかにすること
- (3) 碁盤目状に測点を設けることが困難なことなど, 地表調査の条件が悪い地帯で概査を実施すること
- (4) マラヤ北部にみられる石灰岩の地帯に存在する鉄鉱床について磁気探鉱を行ない, マラヤ南部と比較して両者の特徴を明らかにすること

である。

この目的にしたがって, Simpang Rengam 地区では既知鉱床についての探査ならびにその周辺の探査を目的として, 現在採掘を行なっている地区を含めて調査を行ない, Jorak 地区では既知鉱床の周辺の探査を目的として, 稼行中の2箇所の既知鉱床の間に挟まれた未開発の地区について調査を行なった。Lenga 地区では地表調査の条件が悪い地帯での概査を目的として, ジングルの中にみられる露頭の周辺部に測点を設けて調査を行なった。以上の3箇所の調査地はマラヤ南部に位置するが, Horse Shoe 地区はマラヤ北部 Ipoh 付近にあり, ここでは既知鉱床の周辺の探査および南部地区との比較を目的として調査を行なった。

## 3 調査方法

現地で調査を行なうに当っては, まず調査地区に測線ならびに測点を設定する。すなわち, 調査地区によって多少の差違はあるが, 基本的には水平距離 20m または 40m の間隔で測線をつくり, この測線上に水平距離 20m 間隔の測点を設けた。これとは別に, 調査地区外に磁気異常のない地点を選んで基点を設置し, この基点と各測点間の地磁気の垂直成分の偏差を磁気偏差計を用いて測定した。基点ではその日の調査の始めと終りの2回のほか必要に応じて測定を行ない, それによって各測点における測定値の日変化を補正した。

このようにして求めた測定値はおおのこの測線ごとに図示される。また平面図において等しい磁場の強さの点を結んだ等磁力線図が画かれる。これらの結果をもとに現地の地形を考慮に

いれて解析を行ない, 地下構造の状態を判定する。

## 4 調査結果

### 4・1 Simpang Rengam 地区

この調査地区は Johore Bahru 市よりマラヤ中央道路を約 60 km 北上し, 東へ 2 km はいった地点に存在する。この地区は1963年に開発され, 現在月産 20,000 t 程度の鉱石を産出している。全般的には褐鉄鉱の鉱床であるが, 一部に磁鉄鉱が含まれており, 鉄の品位は50%から60%にわたっている。

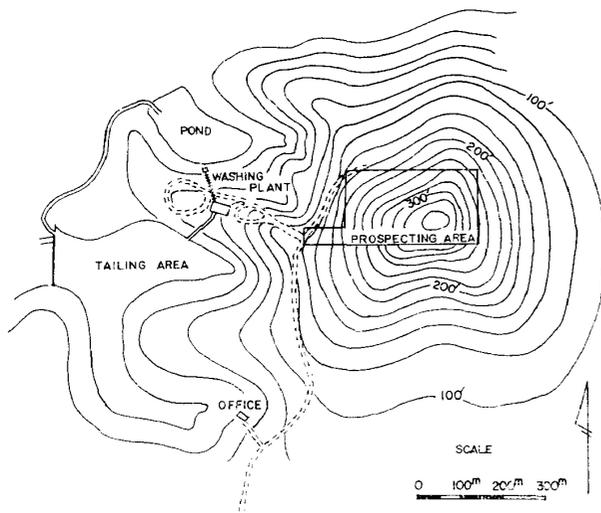


図2 平面図 (Simpang Rengam 地区)

図2は鉱区全体の平面図で, 湿地の多い平野の中にすり鉢を伏せたような地形を示し, 鉱床はこの山頂付近に分布して露天採鉱が行なわれている。調査地区は山頂を含めて図2に示すような範囲であり, 図3にその地形ならびに測点の位置を示している。測線の方法は東西で水平距離 20 m の間隔に11測線を設け, 北より順次測線 E, F, …… O と名付けた。このうち, とくに測線 K は山頂部を横断して設けたものである。測点はこれら各測線上に水平距離 20 m ごとに設け, 西より

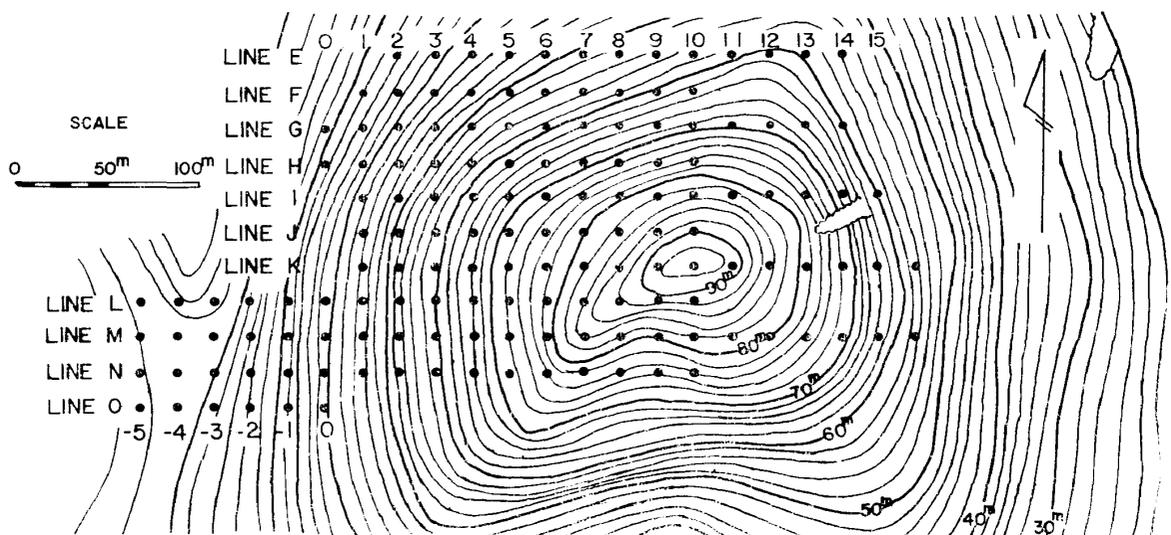


図3 調査地区の平面図 (Simpang Rengam 地区)

順次 -5, -4, ……0, 1, 2, ……15と名付けた。測定の基点は調査地区の南方約 600 m の道路わきに選定した。

図4は一部の測線について地形断面図とともに測定値を示すもので、図5は等磁力線図を示す。調査地区内で観測された磁気異常の最大値は +830 $\gamma$ 、最小値は -720 $\gamma$  にもおよび、当初予期していたよりもかなり大きな異常を示した。図5において注目すべき磁気異常地帯は

- (a) 調査地区に広く分布している 100 $\gamma$  以上の異常地帯
  - (b) 測点 K・4 から測点 K・9 にわたって分布している異常地帯
  - (c) 測点 N・-5 から測点 N・-1 にわたって分布している異常地帯
- があげられる。

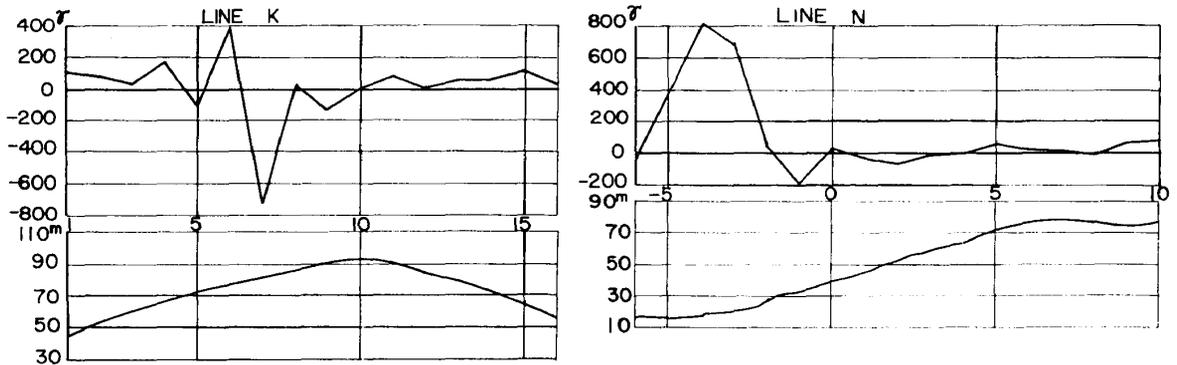


図4 測定結果および地形断面図 (Simpang Rengam 地区)

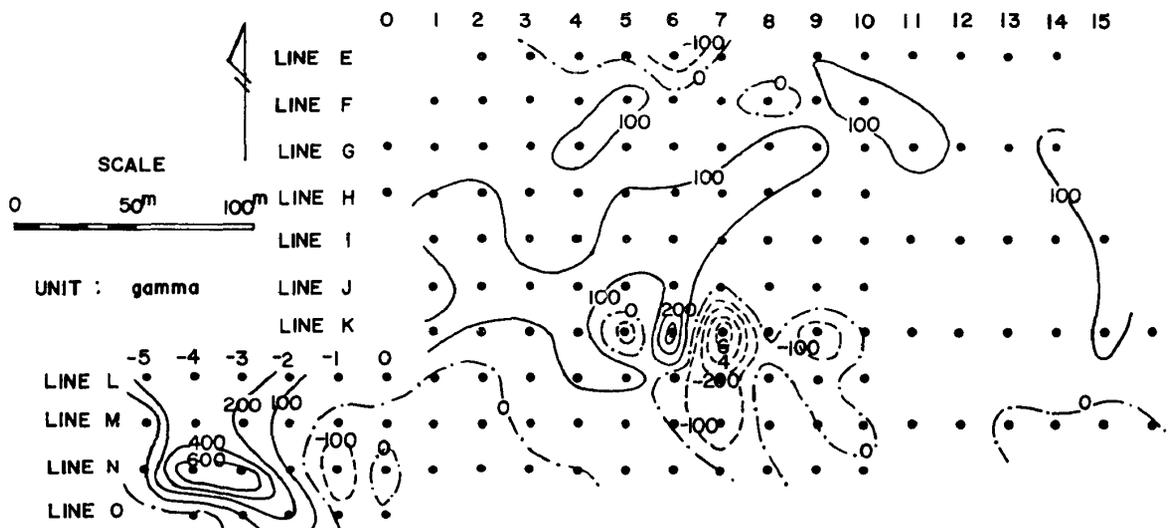


図5 等磁力線図 (Simpang Rengam 地区)

異常地帯(a)のうち山頂より西北部にかけて広く分布している 100 $\gamma$  以上の異常地帯は現在採掘が行なわれている鉱床の範囲とほぼ一致している。この見地からすれば、測点 F・5, 測点 G・4 を中心とする 100 $\gamma$  以上の異常地帯, 測点 F・10, 測点 G・11 を中心とする異常地帯および測点 G・14, 測点 I・15, 測点 K・15 付近の 100 $\gamma$  以上の異常地帯は小規模ではあるが今後の開発に当たって注目すべき地帯である。異常地帯(b)および(c)はそれぞれ図4に示す測線Kおよび測線Nにみられる磁気異常の著しいところに相当しており, また図5にみられるようにこれら異常地帯の磁化の方向はほぼ東西である。これらのことから, この地帯に存在する鉱床は残留磁気の強い磁鉄鉱を多量に含む鉱石よりなり, 生成された当時の状態のままではなくてかなり変動を受けていることが考えられる。しかし等磁力線図にみられるように, 異常地帯(b)はその分布が比較的狭い範囲であることから, 鉱床の規模は余り大きくないものと思われる。異常地帯(c)はいくぶん広い範囲にわたっており, この地帯では異常地帯(b)における鉱床よりやや大きい鉱床が期待できる。

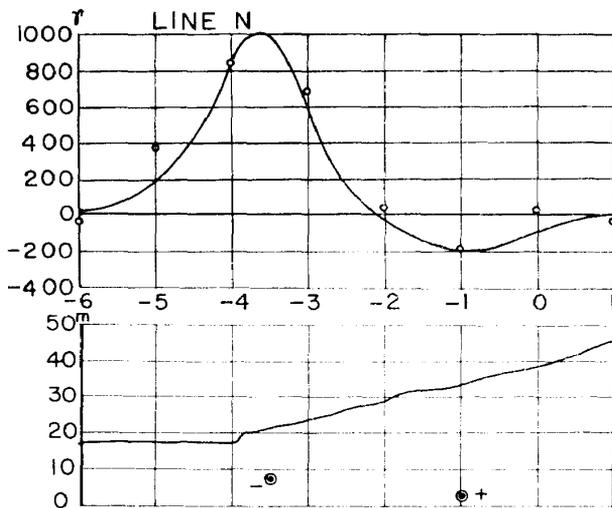


図6 解析結果 (Simpang Rengam 地区)

図6は異常地帯(c)の中心部を通る測線Nについて理論的に解析を行なった結果を示すもので, 測点 N・-4 と N・-3 の中間において地表面から 14 m の深さに負の点磁極が存在し, 測点 N・-1 において地表面から 32 m の深さに正の点磁極が存在する場合の計算結果が実線で示され, 実測値が○印で示されており, 両者はかなりよく一致している。

以上の調査結果から, この地区の鉄鉱床は磁性鉱物を含むことが明らかにされ, 磁気異常の一部は現在稼行中の鉱床の範囲と一致し既知鉱床との関係を明らかにすることができた。また, 既知鉱床の周辺においていくつかの鉱床の存在を指摘することができた。

#### 4・2 Jorak 地区

この調査地区は Johore州 Muar 市の東方約 40km の位置にあり, Muar 市より Lenga に向かう道路を約 30km 東進して Pagoh にいたり, 分岐して南下すること約 10km にて現地へ到達する。この付近は海拔 578 m の Maokil 山の西麓にあたり, 海拔 50 m 程度の小丘陵地帯で鉱区の周辺は湿地帯が多い。この鉱区については数年前に調査が行なわれ, 一部で磁気探鉱が実施されたことがある。現在では鉱区の南部と北部に鉱床の存在することが確かめられて開発が行なわれている。調査を実施した地区はこれらの鉱床の中間の地区にあたり, この付近

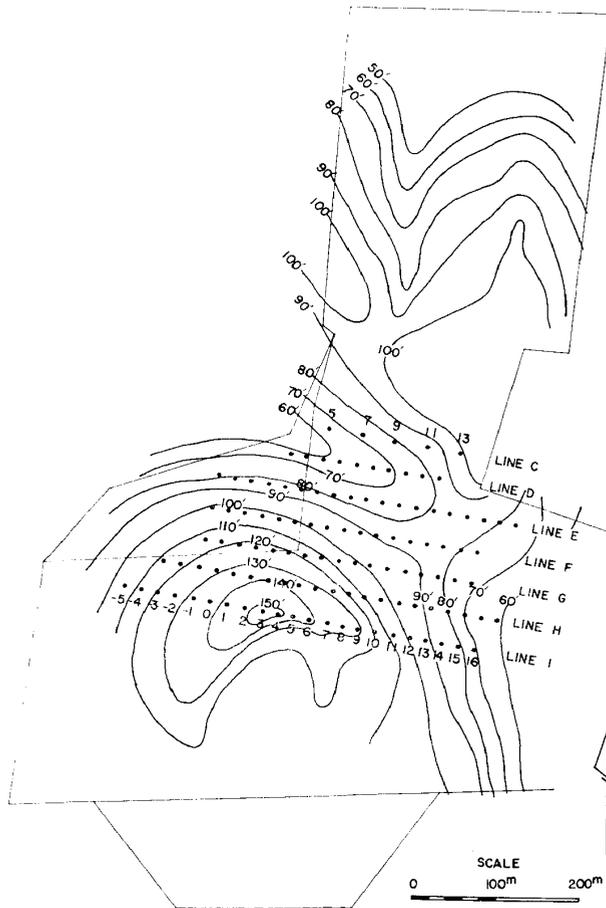


図7 調査地区の平面図 (Jorak 地区)

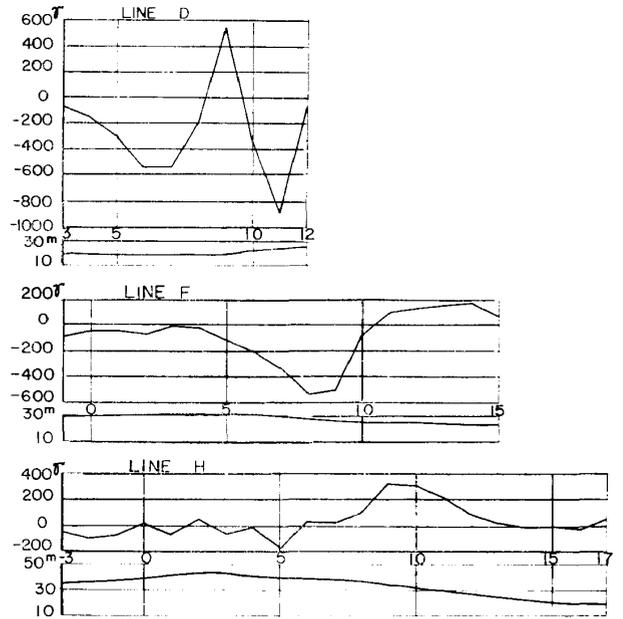


図8 測定結果および地形断面図 (Jorak 地区)

には露頭がなく、一部では試錐によって鉱床の存在が認められてはいるがまだその全ぼうが明らかにされていない。

図7は調査地区の平面図であって、地形ならびに測点の位置を示している。測線の方向はN80°Wで水平距離40mの間隔に7測線を設け、北より順次測線C, D, …… Iと名付けた。測点はこれら各測線上に水平距離20mごとに設け、西より順次-5, -4, 0, 1, 2, …… 17と名付けた。測定の基点は調査地区の東方約1kmの道路ぎわに選定した。

図8は一部の測線について地形断面図とともに測定値を示すもので、図9は調査地区の等磁力線図を示す。調査地区内で観測された磁気異常の最大値は+540r、最小値は-870rである。図9から明らかなように、この地区には大きな3対の正負の磁気異常が認められる。すなわち、

- (a) 測点H・9, H・10 および H・11 付近の正の部分と、測点G・9, F・8およびF・9付近の負の部分にわたる異常地帯
- (b) 測点D・9 付近の正の部分と、測点D・6 およびD・7 付近の負の部分にわたる異常地帯

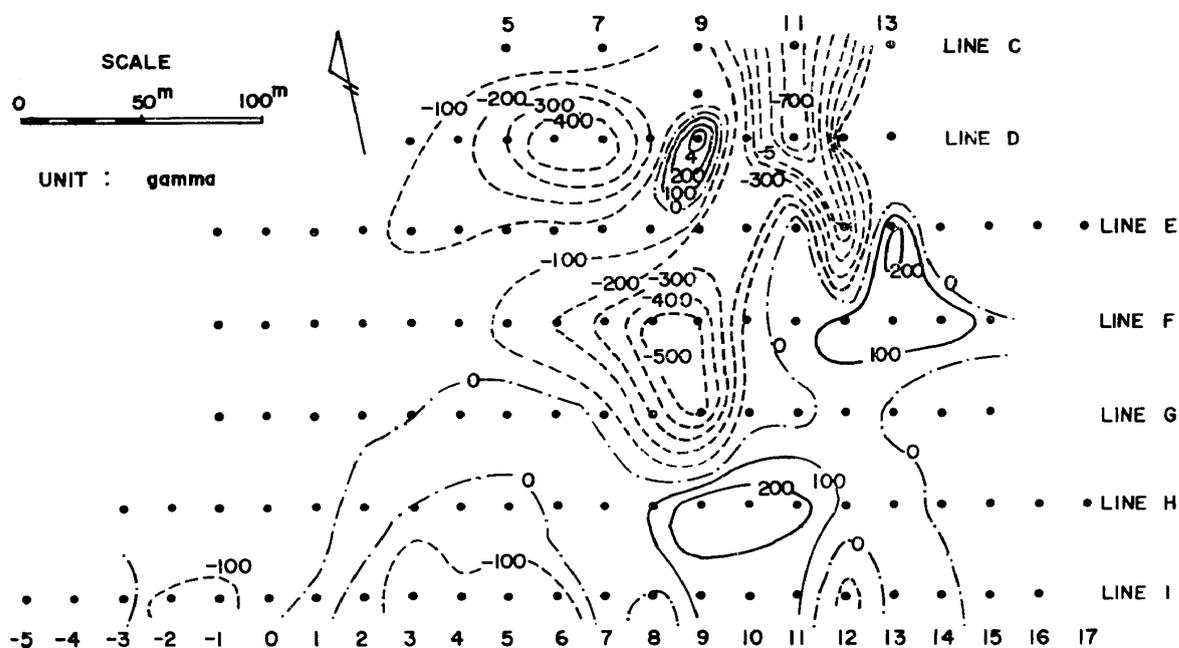


図9 磁力線図 (Jorak 地区)

(c) 測点 E・13 付近の正の部分と，測点 D・11 および C・11 付近の負の部分にわたる異常地帯をあげることができる。

異常地帯(a)および(c)はほぼ南北に磁化されているのに対して，異常地帯(b)は東西に近い方向に磁化されており，このように隣接した鉱体の磁化の方向が異なっていることは注意すべきである。異常地帯(a)と(c)はともに正の部分より負の部分の方が範囲が広く値も大きい。したがって，鉱体は地表面に対して負の部分が正の部分よりも浅い状態でゆるい傾斜をなしているものと解釈される。異常地帯(b)については正負の磁気異常の値がほぼ等しいことから，鉱体は水平に存在するものと考えられる。

図10は異常地帯(b)の中心部を通る測線 D について理論的に解析を行なった結果を示すもので，測点 D・7 において地表面から 20 m の深さに正の点磁極が存在し，測点 D・9 と D・10 の中間において地表面から 20 m の深さに負の点磁極が存在する場合の計算結果が実線で示されており，実測値が○印で示されている。測点 D・4 から D・9 の範囲では両者はよく一致しており，測点 D・10 から D・12 の範囲では実測値が計算値に比べて小さい

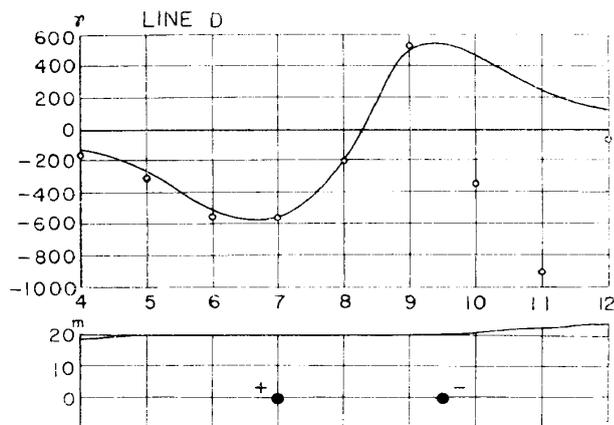


図10 解析結果 (Jorak 地区)

が、これは異常地帯(c)の負の磁気異常による影響と考えられる。

以上の調査結果から、現在稼行中の鉱床の中間部において、かなり広範囲にわたる3箇所の磁気異常地帯を認め、有望な鉱床の存在を明らかにすることができた。

#### 4・3 Lenga 地区

この調査地区は Muar 市の東北約 50 km の距離にある Lenga よりさらに東北に約 6 km 進んだジャングルの中に位置している。ここでは地表調査の条件が悪い地帯での概査を行なうことを目的としており Simpang Rengam 地区や Jorak 地区において行なったような碁盤目状の測点を設けることが困難なため、露頭の近くで地形や樹木などの地表条件がよいところを選んで3本の測線を設けて調査を行なった。

図11はとくに露頭に沿って設けた測線Aについての測定結果を示す。この測線の測点間

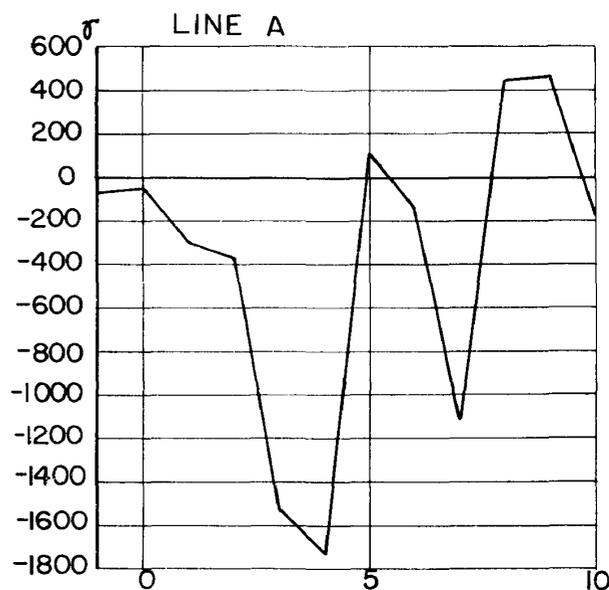


図11 測定結果 (Lenga 地区)

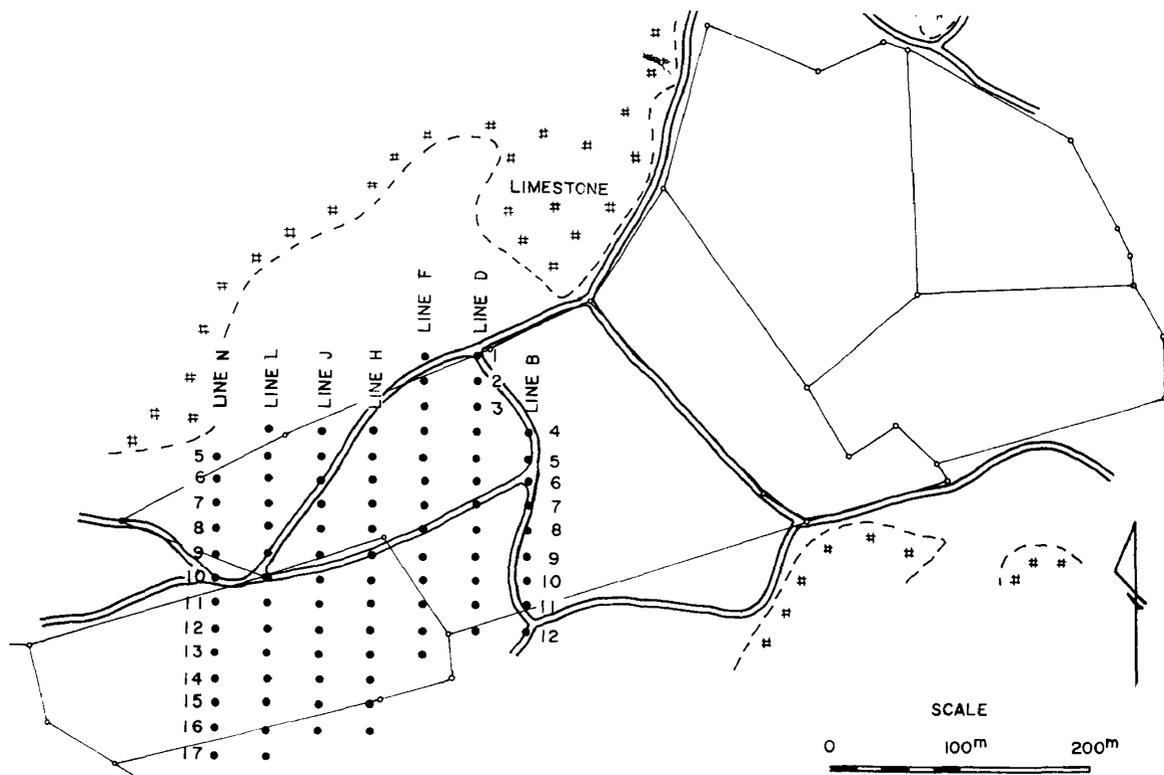


図12 調査地区の平面図 (Horse Shoe 地区)

隔は 10 m で地形は平坦であり, 磁気異常の値は  $-1700\gamma$  から  $+500\gamma$  にわたっており, 測点 A・3 付近から A・10 付近の間に存在する露頭に対して著しい磁気異常がみられる。また, 他の 2 測線に認められた磁気異常によってこの鉱床の広がりの一部を推定することができた。

以上の調査結果から, この地区の鉱床についての詳細はさらに精査によらねばならないが, この規模の概査が将来の開発計画に役立つことが明らかになった。

#### 4・4 Horse Shoe 地区

この調査地区は Ipoh 市の東南約 8 km の地点にあり, Kuala Lumpur 市に通ずる Gopeng Road に面して位置している。Ipoh 地方の鉄鉱床は地形・地質ともに極めて特異なもので, 石灰岩の凹地に沈澱堆積した赤鉄鉱よりなっている。当区域はこの地方の鉄鉱床を代表する大きな鉱区の一部にたあり, 三方が石灰岩の垂直な崖によって囲まれており, 凹地の広さは東西 1,300 m, 南北 800 m で, 地形はほぼ平坦である。ここでは南部地方との比較をも含めて既知鉱床の周辺部において調査を行なった。

図12は調査地区の平面図である。測線の方向は南北で水平距離 40 m の間隔に 7 測線を設け, 東より B, D, F, H, J, L, N と名付けた。測点はこれら各測線上に水平距離 20 m ごとに設け, 北より順次 1, 2, 3, ……17 と名付けた。測定の実地は調査地区の西南約 1 km の地点に選定した。

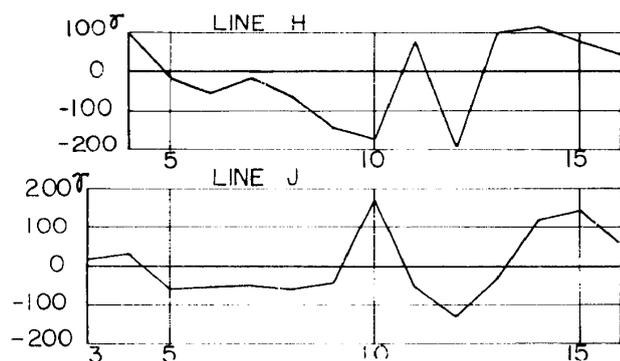


図13 測定結果 (Horse Shoe 地区)

図13は一部の測線についての測定値を示すもので, 調査地区の地形はほぼ平坦であるため地形断面図は省略されている。また, 図14はこの地区の等磁力線図を示す。調査地区内で観測された磁気異常の最大値は  $+200\gamma$ , 最小値は  $-200\gamma$  であって, この値は Johore 地方で観測された磁気異常に比べると小さいが, 図14から明らかのようにかなり広い範囲にわたって磁気異常を指摘することができる。

すなわち,

(a) 測点 J・10 付近にみられる正の部分と, 測点 H・9 および H・10 付近の負の部分にわたる異常地帯

(b) 測点 F・13, H・14, J・15, L・16, L・12 および L・13 付近の正の部分と, 測点 H・12 および J・12 付近の負の部分にわたる異常地帯

(c) 測点 D・11 付近の正の部分と, 測点 B・9 付近の負の部分にわたる異常地帯をあげることができる。

この調査地区の周辺には既知鉱床があって採掘が行なわれており, また調査地区の一部では

試錐によって鉄床の存在が確かめられているので、これらの磁気異常は鉄床によるものと思われる。図14にみられるように、それぞれの異常地帯では正負の磁気異常の値がほぼ等しいので鉄床は水平に存在しているものと推定される。さらにこれらの異常地帯が東西方向に広く分布していることから、鉄床は東西方向にかなり広がっており相当の鉄量が期待できるものと考えられる。

以上の調査結果から、この地区における磁気異常はマラヤ南部地方と比べて比較的弱いことが認められたが、上記のように広範囲にわたる異常地帯が明らかにされ鉄床の存在を推定することができた。

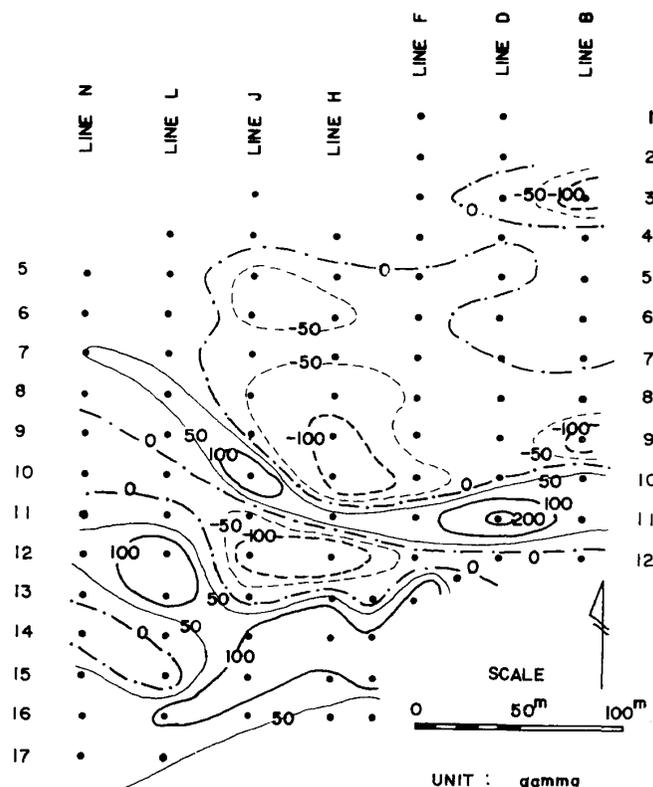


図14 等磁力線図 (Horse Shoe 地区)

## 5 結 言

1 カ月にも満たない短期間の調査ではあったが、マラヤにおける鉄鉄床について磁気探鉄を行なった結果を要約すればつぎのようである。

(1) マラヤの鉄鉄床について磁気探鉄を行なうに当り、まず Simpang Rengam 地区において既知鉄床をも含めて調査を行なった結果、現在採掘を行なっている地区とほぼ一致して広く分布する磁気異常地帯を認め、既知鉄床と磁気異常地帯との関係を明らかにすることができた。

(2) 既知鉄床の周辺部の未開発地区において調査を行なった結果、Jorak 地区では現在稼行中の2箇所の既知鉄床の間に挟まれた未開発の地区において広範囲にわたる3箇所の磁気異常地帯を認め、有望な鉄床の存在を明らかにすることができた。また、Simpang Rengam 地区においても現在採掘している鉄床のほかいくつかの鉄床が存在することを指摘することができた。さらに Horse Shoe 地区では磁気異常は弱いがかかなりの範囲にわたる異常地帯を認め、広範囲に鉄床が存在することを明らかにした。

(3) 碁盤目状に測点を設けることが困難なことなど、地表調査の条件が悪い地帯での概査を目的とし、Lenga 地区において露頭の近くで地形や樹木などの地表条件のよいところを選んで調査を行なった結果、1つの測線では露頭に対応する磁気異常を認め、また他の測線に現われ

た磁気異常から鉱床の広がりを推定することができた。詳細はさらに精査によらなければならないが、この規模の概査が将来の開発計画に役立つことを明らかにした。

(4) マラヤ北部の鉄鉱床とマラヤ南部の鉄鉱床に対する磁気探鉱の調査を比較する目的で、マラヤ北部にみられる石灰岩の地帯に存在する鉄鉱床を代表するものとして、Horse Shoe 地区の既知鉱床周辺を選んで調査した結果と、マラヤ南部の Simpang Rengam 地区、Jorak 地区および Lenga 地区の調査結果とを比較した結果、北部にみられた磁気異常は南部にみられた磁気異常よりも比較的弱いことが認められ、これが北部鉄鉱床の1つの特色といえる。

以上、マラヤにおける物理探鉱について4つの目的をもって4箇所において行なった磁気探鉱の調査の結果について報告したが、上に述べたようにそれぞれの目的を達することができ、この成果は今後のマラヤにおける物理探鉱の調査に貢献するところがあるものとする。現在マラヤにおける鉱床の調査はいまだ露頭調査の段階であって、自国民による物理探鉱の調査は余り進められていない状態である。将来、計画性をもって組織的に物理探鉱の調査が進められるならば未開発地の探鉱の成果は一段と飛躍するものとする。

おわりに、この調査を行なうに当たり、ご配慮をいただいた東南アジア研究センターおよびパンコク連絡事務所の各位、マレーシア地質調査所および鉱山局の各位、ならびに現地で便宜を計っていただいた各位に感謝の意を表す次第である。

## 参 考 文 献

- Alexander, J. B. *Geological Appreciation Summary Regarding Prospects of Iron-Ore Deposits in the Mukim of Bera, District of Temerloh, Pahang*. Geological Survey, Federation of Malaya: 1961. 21 p.
- Hill, J. H. *The Mineral Belts of Malaya*. A Talk Delivered to a Meeting of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy Malaysia Branch; Geological Survey, Malaysia: 1964. 21 p.
- 吉住永三郎「タイ・マレーシアにおける物理探鉱」『東南アジア研究』第3巻, 第2号; 京都大学東南アジア研究センター, 1965. pp. 62~73.