

『広島および長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価 線量評価システム 2002 DS02』の第5章「地図と航空写真の整合と照合」に記載される内容について地図学的観点から懸念が抱かれる事項の分析と検証

竹崎 嘉彦 (たけさき よしひこ)

中国書店

- 1982 明治大学文学部史学地理学科地理学専攻卒業
- 82 中国書店 (～2001)
- 99 広島大学大学院文学研究科博士課程前期地理学専攻入学
- 2001 広島大学大学院文学研究科博士課程前期地理学専攻修了
- 02 広島大学原爆放射線医科学研究所助手 (～2005)
- 02 国土地理院「地理・地図の普及に関する懇談会」委員
- 05 国土地理院部外研究員
- 05 現職



(撮影：中国新聞)

はじめに

広島原爆の最も正確な爆心地座標とされている座標値は、1969年に発表された原爆傷害調査委員会 (ABCC) 発行の業績報告書にある TR 番号 3-69 の Hubbell, H.H. Jones, T.D. and Cheka, J.S.: 「原子爆弾の炸裂点 2. 入手した全物理学的資料の再評価および提案数値」に示されているとされている。その座標値は、公益財団法人放射線影響研究所 (以下、放影研) 発行『広島および長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価 線量評価システム 2002 DS02』 (以下、『DS02』) の第5章「地図と航空写真の整合と照合」 (以下、第5章) では「米国陸軍地図」と表記される米国陸軍地図局 (ARMY MAP SERVICE) 発行の「Japan City Plans 1:12,500 HIROSHIMA L902・138449」 (1946) に使用される、「ONE THOUSAND YARD POLYCONIC GRID」における座標値で示されている。その実際に提案されている座標値は、「744.298kyards、1261.707kyards」である。

一方、第5章の「緒言」 (p.270～) の p.271 の第3段落には、「一つの地図上で示された試料の爆心地からの距離は当該地図を使っただけで決定することができるという前提に基づいて、米国陸軍地図上で決定された原爆の爆心地を新都市計画地図上にも位置付けるということが重要なことであった」と明記されている。

ところで、そもそも第5章が研究対象になったのは、竹崎嘉彦 (2000) で爆心地座標を正確に表示することができなかったことがきっかけとなっている。そこで、すでに竹崎嘉彦 (2000) で問題にして、その後も取り上げていた爆心地座標に関して、まず言及しておく必要があるだろう。2000年当時、爆心地座標は、広島平和記念資料館 (1999) に求めた。そこには、「現在最も信頼性が高いとされて

いるのが、東経 132 度 27 分 29 秒、北緯 34 度 23 分 29 秒、高度 580 メートル、現在の大手町一丁目 5-24、島外科南側大手町第 3 駐車場の敷地内上空である。」と記されていた。この記述は、広島市・長崎市 原爆災害誌編集委員会 (1979) を参考にしている。さらに、その根拠となっているのは、上述する Hubbell ら (1969) による推定値である。ところが、広島平和記念資料館 (1999) に爆心地座標として示された場所は、「島外科南側大手町第 3 駐車場の敷地内」ではなく、東に約 80m 外れた現在の広島県民文化センター (大手町一丁目 5-3) 付近であったのは、竹崎嘉彦 (2000) ですでに指摘したとおりである。また、「米国陸軍地図」の「ONE THOUSAND YARD POLYCONIC GRID」の座標値で示してあったのを間違っていたとはいえ、広島市・長崎市 原爆災害誌編集委員会 (1979) で、どのようにして経緯度座標に換算したのか、その換算方法、経緯度座標としての表記に関して記載されているのにはまだ巡り会うに至っていない。また、筆者自身も Hubbell ら (1969) の爆心地座標の確認を試みたが、現在のどこになるのか結局正確な位置に変換することは、当時はできなかった。

そして、第 5 章の「謝辞」(p.329) に、筆者が「本調査に係わる地図学の専門的問題に関して有益な考察および提案を」したとする記述がある。ところが、実際には「考察および提案」が十分反映されたものとは言えなかった。また、第 5 章で最重要だと思われるテーマに、「米国陸軍地図上で決定された原爆の爆心地を新都市計画地図上にも位置付けるということ」がある。しかし、本報告におけるいくつかの視点から述べているように、第 5 章で位置付けられた爆心地が、適切な位置なのか疑問を抱く要素があるのがわかってきた。よって、十分な分析と検証の必要性から、本報告を記すことに至ったのである。そこで、本報告では、前半は第 5 章について懸念が抱かれる事項のひとつひとつを分析し検証して問題を指摘していく。そして、後半は筆者が提案する検証作業の方法を明記し、最終的に Hubbell ら (1969) が提案する爆心地の座標値を、現行の日本の地図に採用される投影座標系^{*1}に基づく座標値に、適切に変換して提案する。ただし、Hubbell ら (1969) が提案する爆心地の座標値に対しては、本報告でも第 5 章と同様異論を挟むものではない。

1. 地図と航空写真の仕様に関する情報の不足

i. 第 5 章における地理空間情報に対する不十分な取扱い

第 5 章は、そのタイトルを「地図と航空写真の整合と照合」としているにもかかわらず、これらの地理空間情報に関して、「米国陸軍地図」や「新都市計画地図」や「航空写真」との程度の記載に過ぎず、仕様などの情報の詳細がほとんど記されていない。これでは、どんな地図や航空写真を利用したのか、実物の特定

*1 投影座標系は、3次元である地球を2次元の平面に投影し、XY座標で表現する座標系である。2次元に投影するための方法を地図投影法と呼び、用いる投影法や設定する原点などの違いによって、さまざまな投影座標系が存在する。投影座標系における座標は、原点からのXY軸方向への距離で決まる。投影座標系では地球の形状なども考慮して投影を行うため、地理座標系の定義も含まれる (ESRI ジャパン Web サイト参照)。

が難しいばかりでなくどんな地図や航空写真なのかさえ知る術が無いということである。しかも、特定するヒントになる注記や付記に記される僅かな情報でもある、発行年次、版番（地図番号）などが正確に表記されていない。また、発行機関の名称など、参考文献に記載されている表記と第5章で記載されている表記が異なっているという状況である。これでは、成果品である紙地図にしる航空写真にしる、それら地理空間情報についてある程度の知識を持っていないと、一度読んだぐらいでは何に関する情報提供なのかすら明確に把握できそうにない。

したがって、仕様など詳細な地理空間情報を表記することなしに第5章が執筆されることに対して大いに疑念を持つことになった。I章では、そのうち疑念を持つに至ることになる顕著な事例について、それぞれ言及していく。なお、本報告で使用する「航空写真」という用語は、一般的に使われている用語であり、専門用語として表記するのであれば、「空中写真」という用語が望ましいと言える。しかし、第5章で「航空写真」との表記でもあり、本報告でもこの表記を採用している。ちなみに、国土地理院では地図作成の目的を持って航空機等に搭載した

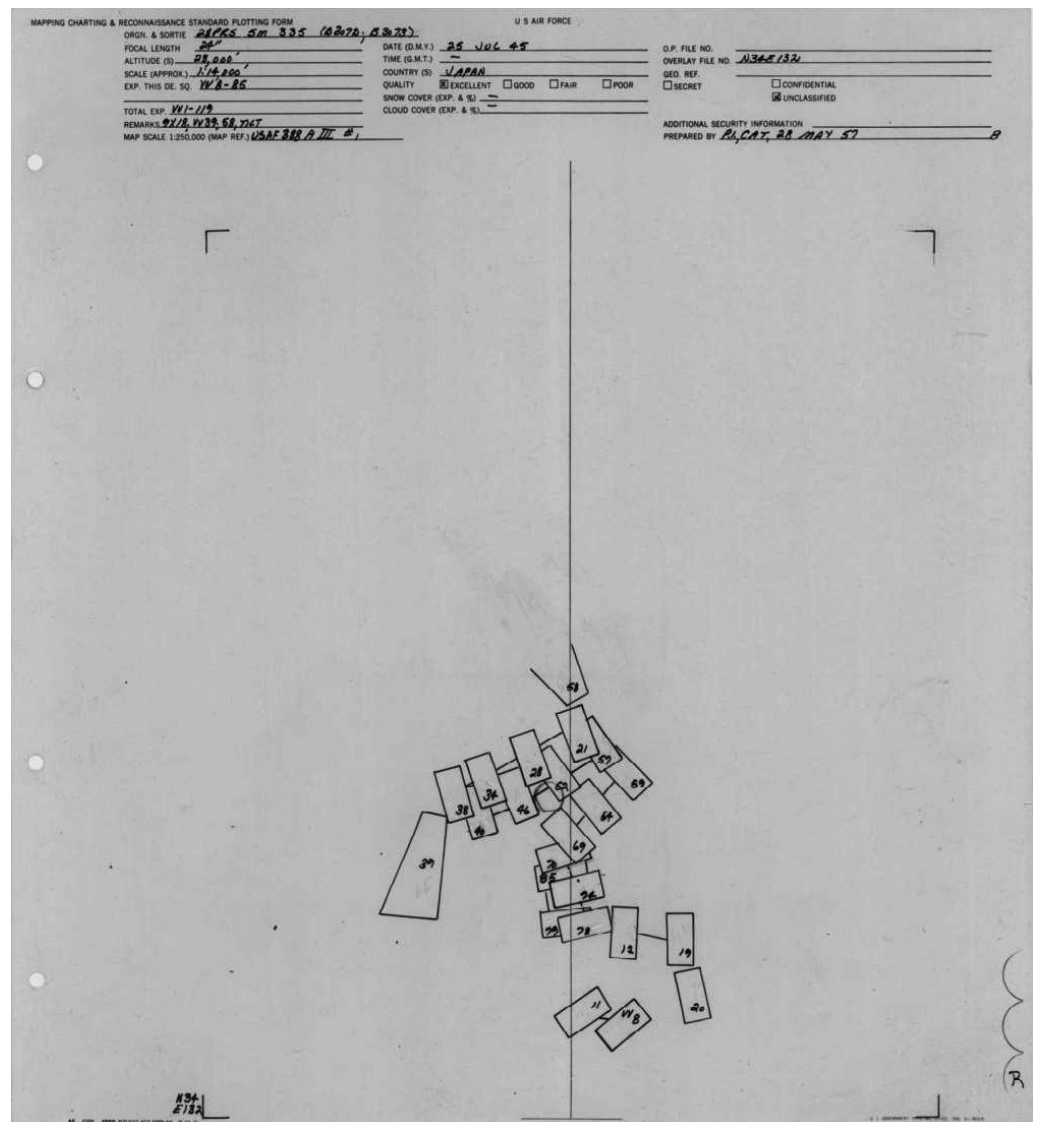


図 1-2-1

航空カメラによって撮影している地表の写真を「空中写真」と統一して呼んでいる。また、日本写真測量学会では、学術用語の統一ということから、「空中から撮影したもの全てを総称して空中写真という」としている。なお、本報告では、特に断らない限り広島地域の「地図」や「航空写真」についてのみ言及し、長崎に関する「地図」や「航空写真」については、特に引用している箇所以外では取り上げていない。

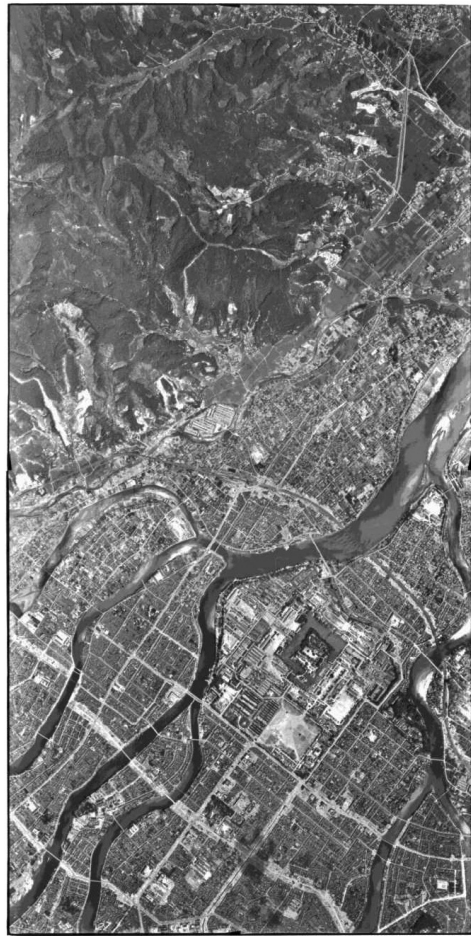


図 1-2-2

ii. 航空写真の仕様に関する情報の不足

第5章で取り上げられる航空写真は、単写真なのか、もしくは単写真を基にして作成したオルソ（モザイク）幾何補正^{*2}済み写真なのか、それとも、それ以外の写真なのか写真の種類に関して明記されていない。せいぜい仕様に関して触れていると言えるほどの記載としては、「原爆投下直前と直後に撮影された航空写真」、「2枚の原爆投下前の航空写真」、「古い航空写真」、「戦時中の航空写真」、「戦時下の航空写真」、「爆弾投下前の航空写真」、「原爆投下前の航空写真」といった情緒的な表記の説明に過ぎず、しかも、具体的な撮影日すら明記されていないと言うのが現状である。

第2次世界大戦時に、米軍が偵察用に撮影したと思われる航空写真の仕様の詳細を知ろうとする場合、航空写真の現物には写真番号は記されている場合はあるが、それ以外の仕様に関する情報は概ね写真そのものには明示されない。第5章において対象とされるであろう、空中写真測量^{*3}にも対応できる航空写

^{*2} 航空カメラで撮影された航空写真は、レンズの中心に光束が集まる中心投影なので、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像に位置ズレが生じる。写真に写る対象物が地面から高いほど、また写真の中心から周縁部に向かうほど、この位置ズレは大きくなる。上空から撮影した航空写真では、土地の起伏（高低差）による位置ズレが生じるとともに、高層ビルなどの高い建物や周縁部のとがった山の像は、写真の中心から外側へ傾いているように写る。オルソ画像とは、写真上の像の位置ズレをなくし航空写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさで位置に表示される画像に正射変換したものである。オルソ画像は、写された像の形状が正しく、位置も正しく配置されているため、GISなどにおいて、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能で、地図データなどと重ね合わせて利用することができる（国土地理院 Web サイト参照）。

^{*3} 主として航空機などを用いて、地上を撮影した航空写真（画像データ）を利用して、地図を製作する作業のこと。

真の仕様を知るためには、米国国立公文書館所蔵で、U.S.AIRFORCE が作成する「MAPPING CHARTING & RECONNAISSANCE STANDARD PLOTTING FORM」(以下、「FORM」; 図 1-2-1) があり、標定図^{*4}の替わりとして利用できる。ただし、「FORM」には標定図に記されている以上の情報が示されている。「ORGN.& SORTIE」(ミッション番号等)、「FOCAL LENGTH」(焦点距離)、「ALTITUDE (S)」(撮影高度)、「SCALE (APPROX)」(縮尺; 約)、「DATE (D.M.Y)」(撮影年月日)、「REMARKS」(画面サイズ)、「QUALITY」(品質)、「CLOUD COVER」(雲量)などの項目が記されている。さらに、「SECRET」、「CONFIDENTIAL」、「UNCLASSIFIED」といった「機密」や「機密解除」といった取り扱いに関する事項も記されている。「FORM」に示される航空写真の一例として、1945年7月25日に撮影されたものを図 1-2-2 に示す。

結局、第5章で取り上げる「航空写真」については、「FORM」に記されているような情報の記載は一切無いと言って良い。図示される実物の航空写真は、図 12 (p.303) として1枚あるだけで、しかも一部分だけが図として示されているに過ぎない。さらに、写真に対する説明の記述は上述するようにいくつかあるものの、航空写真についての仕様の情報どころか、何枚、何種類あるのかに関して具体的な内容となる記述としては何も無い。つまり、第5章の執筆者は、「航空写真」と表記する以上の情報の把握どころか、「航空写真」については中心投影である趣旨の言及箇所がありはするものの、実際の理解そのものについてもその程度に過ぎなかったのであろうと推測するしかない。何しろ仕様に関しては、このたった1枚の図から判断するしかないのだから、これでは、全くわからないといった状況と何ら変わらない。すなわち、十分な検証が行われた航空写真と判断できる記述は第5章においては無いと言える。

iii. 「垂直航空写真」である意味に関する認識不足

「米国陸軍地図」の左上の図名のすぐ下に記される注記に、「Compiled (編集された)」情報資料である地理空間情報の一つとして「Vertical Aerial Photography (垂直航空写真)」が明記されている。「航空写真」が、空中写真測量に対応可能であることを明示するために、「Aerial Photograph」で留まる表記では無く、あえて「Vertical Aerial Photography」と明記され、高精度の写真であることを意味する表記がなされていると言える。なにしろ、「垂直航空写真」であるかどうかは、大変重要な要素になる。「垂直航空写真」であれば、空中写真測量に適応している精度が、この時代とはいえある程度は保証されていることになる。

ところが、第5章では、結局のところ「航空写真」と明記しているに過ぎない。そもそも第5章に示される唯一の航空写真である図 12 (p.303) から、おそらく「Vertical Aerial Photography」である可能性はあると推測されるにしても、単写真なのか、あるいはオルソ幾何補正済み(モザイク)写真なのか、どちらであるかまでは判断できない。図 12 以外には、どちらであるか判断できるほどの実物

*4 航空写真の撮影地域を示す「整理番号」、撮影地域内の飛行コースとその「コース番号」、そして「写真番号」が示され、さらに、写真の中心である主点の位置と撮影範囲が描かれた地図のこと。

の航空写真の明示も、航空写真の仕様の情報の内容の記述も無いので、どちらかまでは全く判断できない。しかも、図 12 を見る限り「航空写真」の状態も決して良いとは言えない。ただし、第 5 章の執筆者は、単写真とオルソ（モザイク）写真との違いを認識していない可能性もあることを考慮する必要がある。

また、第 5 章に取り上げられる航空写真は、United States Strategic Bombing Survey（合衆国戦略爆撃調査団）（1946）が発行する『The Effects of the Atomic Bombs on Hiroshima and Nagasaki（広島・長崎への原子爆弾の効果）』や、ARMED FORCES INSTITUTE OF PATHOLOGY（AFIP；米軍病理学研究所）からの返還資料に掲載されている、資料としての航空写真である可能性も否定できない。これらの掲載写真は、オリジナルの「垂直航空写真」でなく、加工されていたり、そもそも垂直写真でなかったりするかも知れない。これらの報告等の資料であるオリジナルに加筆された航空写真が、放影研の保管資料としてあるものが使用されているのであれば、オリジナルの「垂直航空写真」に比べ精度は落ちてしまう。結局、「航空写真」に関する十分な情報は無いことになる。

iv. 「米国陸軍地図」の注記に関する不徹底な取扱い

「米国陸軍地図」について取り上げる。最初に「米国陸軍地図」が表記されるのは、「緒言」（p.270～）の 2 行目からの「当該目的のために放影研で使用されてきた地図は 1945 年に作られた米国陸軍地図である（第 1 章を参照）」においてである。「緒言」においてはそれだけの記述だけで、「米国陸軍地図」がいったいどのような地図なのか、具体的な記述は一切記されていない。

それでは、発行年から検証していくことにする。オリジナルの英語版では、「at RERF for these purposes are the U.S. Army maps that date from circa 1945（see Chapter 1）」と表記されている。なぜか、「およそ」、「頃」の意味である「circa」の文字があり、日本語版と違って、オリジナルでは、発行年が幅を持った表現になってしまっている。「米国陸軍地図」の注記を確認すれば判明することを、なぜ「circa」を記す必要があったのであろう。また、先に、第 5 章では「1945 年に作られた」と記されているが、その参照される第 1 章「爆発パラメーター」（p.48～）で、p.50 の「爆心地」のセクション最初の段落の最終箇所には、「現在放影研で使用している米国陸軍地図の版番は、広島が 138,499（1946 年 6 月）、長崎が 138,353（1945 年 8 月）であり、両地図ともグリッドの単位は 1,000 ヤード（914m）である」と記されている。第 1 章と第 5 章では、記されている発行年が食い違っている。そこで、両章の「米国陸軍地図」の典拠となっている、Hubbell ら（1969）の「地図、座標、算定方法」（p.4～）のセクションで、p.5 冒頭の「地図および地図座標」に「広島：原爆時の両市について現在入手されている最も正確な地図は、米国陸軍測量部の AMS-L902 地図である。その広島版は、1946 年 9 月づけのもので、地図番号は第 138,449 号である」とあり、年次が明記されていて、明らかに 1946 年製であることがわかる。確かに、第 1 章の「爆心地」（p.50～）のセクション最初の段落の最終箇所に、「現在放影研で使用している米国陸軍地図の版番は、広島が 138,499（1946 年 6 月）」とあり、発行年は 1946 年と同じなのだが、今度は、発行月に相違がある。先述する Hubbell ら（1969）の「地図、座標、算定方法」（p.4～）のセクションで、p.5 冒頭の「地図および地図座標」に、「そ

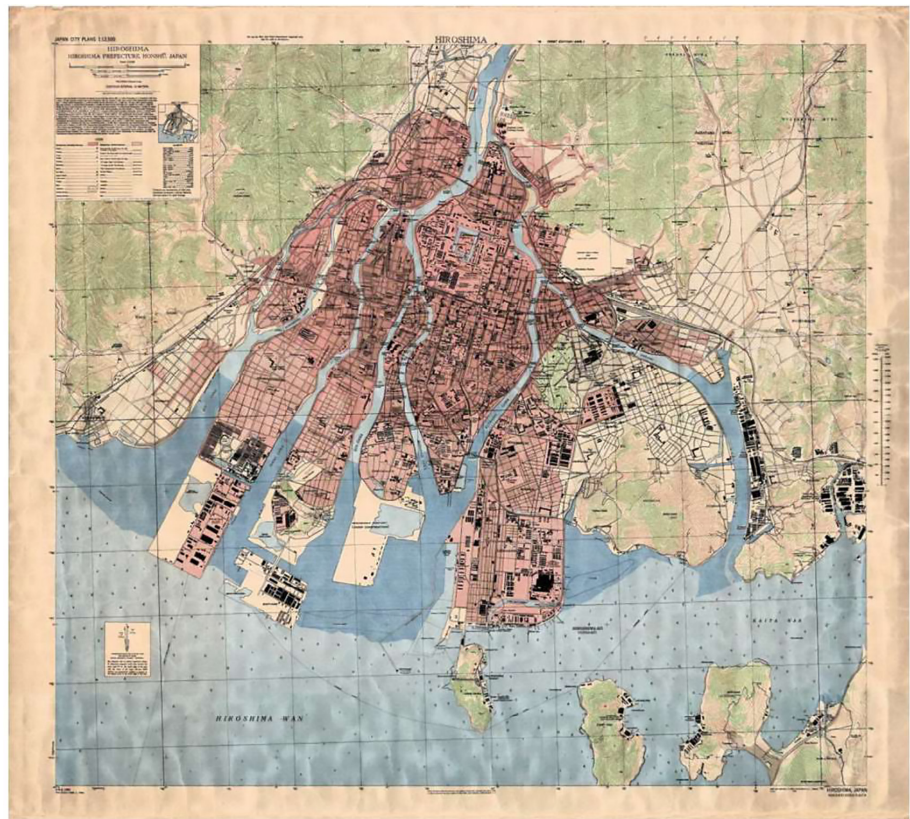


図 1-4-1

の広島版は、1946年9月づけのもので」とあり、9月発行とする記述が見られる。結局、第1章に記されているも発行年月の表記が間違っていることになる。

次に、「米国陸軍地図」の版番(地図番号)について検証する。ちなみに、『DS02』、Hubbellら(1969)ともに、オリジナルの英語版では、「版番(地図番号)」は「plate numbers」である。さて、『DS02』第1章(p.48～)では、p.50の「爆心地」のセクション最初の段落7行目に「現在放影研で使用している米国陸軍地図の版番は、広島が138,499(1946年6月)」との表記がある。一方、Hubbellら(1969)の「地図、座標、算定方法」(p.4～)のセクションで、p.5冒頭の「地図および地図座標」に「広島：原爆時の両市について現在入手されている最も正確な地図は、米国陸軍測量部のAMS-L902地図である。その広島版は、1946年9月づけのもので、地図番号は第138,449号である」と記されている。同じ「米国陸軍地図」のはずなのに、『DS02』とHubbellら(1969)では、「版番(地図番号)」が異なっている。そこで、本図そのものを確認すると、右下の図郭外に「ARMY MAP SERVICE. U.S.ARMY.WASHINGTON D.C.138449」との表記がある。本図の「版番(地図番号)」は、Hubbellら(1969)で記される番号とは同じである。したがって、第1章での表記が間違っていることになる。なお、第1章にはある「版番(地図番号)」の表記は第5章には無い。

「米国陸軍地図」を図1-4-1に示す。

v. 第5章の記述から「米国陸軍地図」の全容を知るには不十分な手がかり

「米国陸軍地図」の仕様の詳細については、iv節に記される程度の記述にしか

過ぎない。わずかに、第5章の図11 (p.303) で本図の一部が示されるだけなので、第5章からだけでは、「米国陸軍地図」の全容を知ることが到底不可能である。ところで筆者は、2002～2004年に広島大学原爆放射線医科学研究所放射線システム医学研究部門放射線分子疫学研究分野の助手として在任中に、研究室で保有されていた本図を見る機会があった。さらに、スキャンしてラスター画像にしたデータを現在も所有している。だから、仕様に関する情報の詳細を知ることが可能なのである。また、本図を見たことがあるからこそ、同図と判断できるのであって、本図の全容を知ることができた。そうで無ければ、特定することはかなり難しいのではないと思われる。結局、「米国陸軍地図」の仕様については、Hubbellら (1969) や第5章で取り上げられるのに相応しいかどうかについて判断できない程度にしか記していないとも言えよう。

なお、アメリカのテキサス大学図書館で蒐集している地図コレクションの中に、「Japan City Plans 1:12,500」シリーズが、同図書館のWebサイトで紹介されている。本図も、以下のURLにリンクが設置してあり閲覧も可能である。この画像と同一の地図だと判断できれば、「米国陸軍地図」の仕様を知ることができる。

http://legacy.lib.utexas.edu/maps/ams/japan_city_plans/txu-oclc-6558024.jpg

(最終アクセス：2020年6月30日)

vi. 「新都市計画地図」の発行元の誤認

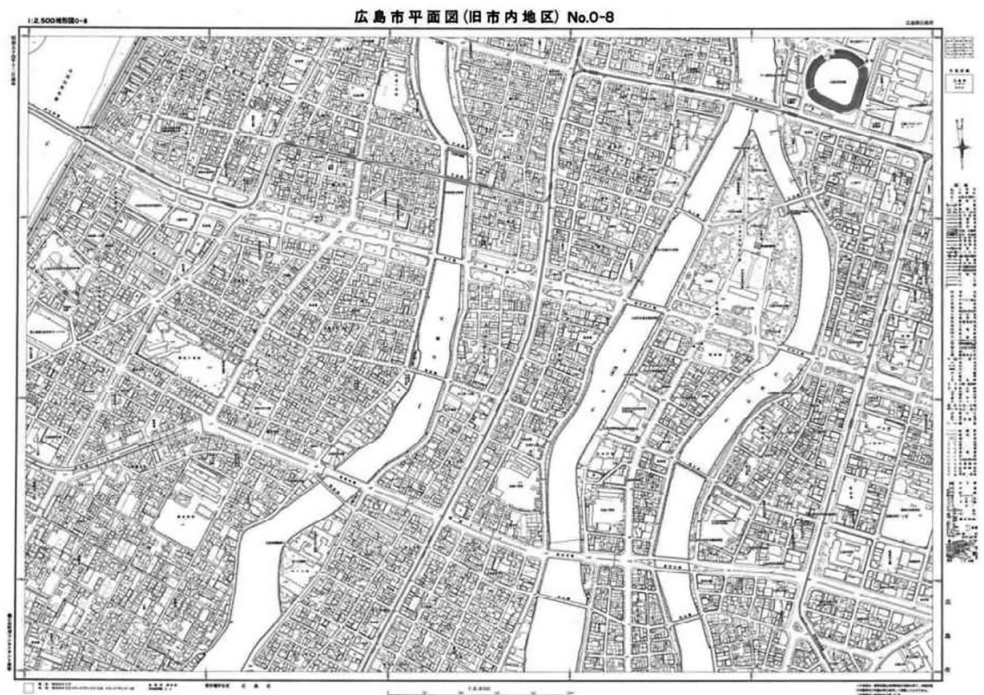
「新都市計画地図」が、第5章でどのように扱われているかについて述べることにする。「新都市計画地図」は、「緒言」(p.270～)の3行目に、第5章で最初に記した箇所として、「その後、より新しく(広島は1979年、長崎は1981年)、縮尺の大きい(米国陸軍地図が1:12,500であるのに対して1:2,500)日本の都市計画地図も多少使用されるようになった」と、「米国陸軍地図」についての記述のすぐ後に記されている。しかし、1979年が、測量年か発行年かも明記することも無く、縮尺が明示されるだけで、それ以外には地図に関する情報の詳細は一切記されていない。地図を特定できる名称さえも表記されない。「米国陸軍地図」よりも、仕様に関する詳細な情報がさらに少ない。

1979年当時発行されていた大縮尺の地図は、国土地理院発行の「国土基本図」か、広島市が作成して、当時の財団法人広島市開発公社(現在は一般財団法人広島市都市整備公社)で取り扱っていた「広島市平面図」のいずれかである。そのどちらかが、第5章での「新都市計画地図」に当たるのであろう。ところが、第1章「爆発パラメータ」(p.48～)の「爆心地」(p.50～)のセクションのp.51最後の段落で、「日本政府は、25年ほど前に広島と長崎の徹底した再測量を行い、米国陸軍地図(1:12,500)よりもかなり縮尺が大きく(1:2,500)、はるかに詳細な新しい地図を発行した。これら「新都市計画地図」は、広島のものが1979年に、長崎のものが1981年に発行された」と述べられている。

さて、「日本政府」発行と言うことであれば、「国土交通省(当時は建設省)国土地理院」の「国土基本図」を指すであろうと推測できる。ところが、「国土基本図」は、縮尺が1:5,000で測量年次が1969年なのでこれには該当しない。また、「広島市平面図」の該当地域を広島市都市整備局が編集する「広島市平面図(地形図2500)図割図」から検討すると、第5章の図11、図12 (p.303)の範囲を含むのは、

「O08」の可能性がわかる。また、第5章をあらためて確認すると、「陸軍地図を日本の新都市計画地図にジオリファレンス^{*5}する」(p.297～)の「結果」にある表9「地図画像ラスタに対してのジオリファレンス値」の欄外の注意書きに、図幅番号と思われる「Tile O-8」の文字が見える。ちなみに、「国土基本図」の図幅番号は、「III -PE-96」であり、この点からみても「国土基本図」でないことがわかる。したがって、第5章で言うところの「新都市計画地図」は、広島市作成の「広島市平面図」であろうと推定した。

そこで、元々の刊行機関である広島市都市整備局都市計画課都市計画係に照会したところ、以前に発行された「広島市平面図」は、広島市公文書館の所蔵資料にあることが判明した。広島市公文書館デジタルアーカイブ・システムで検索すると、「広島市平面図 O-8 昭和54年」が確認できた。さらに、広島市公文書館所蔵の第一原図の写しを入手すると、左上の図郭外に「昭和54年12月測量」と、また、左下の図郭外下に「撮影 昭和54年5月 測図 昭和54年12月」と表記されており、本図が1979年測量版であることが判明した。しかも、「広島市平面図(旧市内地区) No.O-8」と図幅番号が示してあった。また、図郭の右上隅に記される平面直角座標系の座標値の表示と、図7(p.291)の図郭の角に記されるXY座標値を照合したり、図11、図12(p.303)の地図内容を見比べても同



「この地図は、広島市長の承認を得て、広島市発行の1/2,500地形図を使用したものである。(承認番号 平30広都計第236号)」

図1-6-1

*5 位置情報(空間参照情報)を持っていないデータを追加すると、位置情報を持っていないために正しい場所にデータが重ならない。ジオリファレンスとは、その位置情報を持っていない画像データを正しい場所に位置あわせをする幾何補正処理のこと。変換モデルを用いて、画像座標から地図座標へ変換する(ESRIジャパンWebサイト参照)。

一の地図の一部のようである。したがって、「新都市計画地図」は、広島市刊行の「広島市平面図（旧市内地区）No.O-8」であると判断した。その「No.O-8」を図1-6-1に示す。ただし、第5章では図として紹介されている地図は「広島市平面図 O-8」だけであるが、使用された「新都市計画地図」は、「広島市平面図 O-8」だけとは限らないと思われる。

また、第5章の表6「全逆地図投影方程式に対する線形アフィン変換の誤差」(p.289)と表7「実際に得られた近似誤差：新都市計画地図タイトルのジオリファレンス」(p.291)から、第5章で利用された「新都市計画地図」が2図葉あると判断できる。そして、「新都市計画地図」は、表6に記される地図の図郭の4隅の数値である平面直角座標系 (Plane rectangular coordinates) の座標値から「広島市平面図（旧市内地区）」の「No.O-9」と、また同様に表7に記される地図の図郭の4隅の座標値から「No.O-8」の2図葉が利用されていると判断できる。

結局、「日本政府」の発行する地図ではなかったことになる。なお、日本政府発行と記した根拠は不明である。また、p.297の表9の欄外の附記を確認すると、「aTile O-8 (Each Hiroshima tile is 2.5 km × 1.75 km.) bTile 51-88-2 (Each Nagasaki tile is 2 km × 1.5 km.)」との表記があり、「Hiroshima」の「New city plan map」と「Nagasaki」の「New city plan map」を見比べると、図幅番号の表示方法や地図のサイズが全く違っている。間近い作成時期において同一機関が作製したのであれば、それぞれの地図の仕様は通常統一されたものになっているはずである。この点からも、「Hiroshima」の「New city plan map」と「Nagasaki」の「New city plan map」は同一作成機関ではないと判断ができる。しかも、上述するように、「日本政府」発行と確認できる要素も無く、「日本政府」発行と断定するのは納得のいくものとは言えない。第5章は、タイトルに見える地図や航空写真について取り扱っている報告なのであるのだから、地図に限らず航空写真について、タイトルに相応しい、もっと行き届いた丁寧な記載に腐心する必要があったと指摘したい。

vii. 不十分な表記のため仕様が不明で特定不能な「地図」

「測地系^{*6}、地理座標および地図座標系」(274ページ～)のセクションのp.275最後の段落で、「地理情報システム (GIS)^{*7}を用いて初期比較をするために、以下に詳細に示す国土地理院の式を用いて日本の広島を東京測地系の地理座標 (経度および緯度) でジオリファレンスした」と述べられている。

また、「日本の新都市計画地図のジオリファレンス」(p.292～)のセクションのp.293の第3段落で、「新都市計画地図のタイトルの基準点を追加的に得るために考えられるもう一つの方法は、米国陸軍地図を1979年と1981年の新都市計画地図にジオリファレンスしたのと同じ方法で、最新のGISを使った地図に1979年と1981年の新都市計画地図をジオリファレンスすることであろう。これには、

^{*6} 測地基準系と同義語で、地球上の位置を経度・緯度で表わすための基準のこと。

^{*7} 地理情報システム (GIS: Geographic Information System) は、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ (空間データ) を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である (国土地理院 Web サイト参照)。

次セクションで詳細に述べる米国陸軍地図の整合の「不動と思われる目標」に用いられたのと同じ基準に従って注意深く「基準点」を選択することが必要になる。現調査における地図タイトルの四つの角における十字線印の配置における小さな誤差を考慮した時（特に最新の利用可能な地図に1979年と1981年の地図をジオリファレンスする過程に生じるその他の誤差について考慮した場合）、このような方法で真の改善が見られるのかどうかは明確ではない。」と述べられている。

まず、「日本の広島地図」だけでは、紙地図なのか、紙地図をスキャンしたラスター地図画像なのか、それとも、国土院発行の一連の「数値地図」や「基盤地図情報」（第5章発表時は未刊行）のようなデジタル地図なのか、皆目見当が付かないので、地図を特定することができない。しかも、ここでのみ顕れる表記の地図であるため、どのような地図なのかの推測すらも難しい。ジオリファレンスを施した旨の記述があるので、少なくともデジタル地図ではないと判断できる。これでは仕様が全くわからない。しかも、「東京測地系の地理座標（経度および緯度）でジオリファレンスした」では、所詮最低限にもほど遠い内容にしか過ぎず、ジオリファレンスが果たして適当に処理が為されたかどうか判断できる根拠が示されていないし、適切な作業が行われたかどうかの検証をすることもできない。もっともらしい表現かも知れないが、何も内容があると言えるものではない。それにしても、「新都市計画地図」では無く、殊更に「日本の広島地図」と表記する意味がどこにあるのか。オリジナルの英語版でも「the Japanese city map for Hiroshima」と記されているに過ぎず、地図が特定できる表記にはなっていない。

さらに、「最新のGISを使った地図」は、デジタルデータとしてどのように整備されたかどうか明確に判断するには、表現が不十分である。しかも仕様が全く不明では、「日本の広島地図」同様特定することはできない。

結局、「日本の広島地図」にしる、「最新のGISを使った地図」にしる、こうした表記は、科学的な表現と言えるものではなく、情緒的としか言えない表現になっていて、結局、どのような地図かわからないままである。したがって、どの程度重用したいのか疑問を抱いてしまう表現にしか過ぎないのである。

II. 「幾何補正」に関する不十分な理解

i. 「ジオリファレンス」の適切な実践における必要な要素

第5章では、「ジオリファレンス」とは次のように理解されている。「ジオリファレンス」（p.272～）のセクション冒頭で、「ジオリファレンスとは、地理的情報の項目について十進法表記の経緯度のように座標一式を明細に列挙することである。当該調査で主に関心のあるスキャンした地図または航空写真から成る画像ラスターの場合、ジオリファレンスの工程では画像のすべての要素（画素）に座標一式を割り当てる小さな数値ファイルが作成される。ジオリファレンスおよび関連するアフィン変換については、十分な考察が Verbyla と Chang の報告（1997）の158ページ以降でされている。ジオリファレンスされた地図画像ファイル用に ArcGIS が作成した「世界ファイル」によるアフィン変換の考察とその文書が、ESRI Online Support Center（Roberts 2000）においてインターネット上で利用

可能である」としている。さらに、p.273 の中段あたりから、「ジオリファレンスは、画像ラスタ上の個々の基準点を、それらにとって正しいと思われる座標に位置する対応マーカと連結するために GIS のグラフィカルユーザーインターフェースを使用する手順を踏んで行われる。ソフトウェアが、画像ラスタの基準点とそれらに対応するマーカとの間の距離の二乗の総和を最小限にする係数 A から F までを決定する。つまり、そのような三つの基準点は唯一の解を限定するのに十分であり、追加の基準点は、1) 特定の係数値一式を用いるアフィン変換により画像ラスタ上の基準点のピクセルアドレスに割り当てた座標、と 2) これらの基準点を明細に示し、対応する基準点が連結されたマーカを配置するために使用された定義された座標（「本調査で用いられた GIS を使用する方法の概要」と題するセクションでのさらなる検討を参照）との間の距離の二乗和の最小二乗法タイプの最小化により最適化される過剰決定方程式群を与える」と述べられている。

さて、「ジオリファレンス」は、文章的には、「何の座標も持たないラスタ地図画像に座標情報を付与し、地図情報として利用できるようにすること」にしか過ぎないようなプロセスとも言える。ところが、「米国陸軍地図」のような中縮尺^{*8}の地図に対するジオリファレンス作業は、地図製作のプロセスに関する複雑な前提や条件を考慮した上で行わなければならない非常に面倒な作業で、しかも適切に行う必要がある。その複雑な前提や条件というのが、地図表現においては、「取捨選択」^{*9}や「総描」^{*10}、「転位」^{*11}といった編集作業や、「真幅道路」^{*12}であるか「記号道路」^{*13}であるのかといった図式に関する地図化のプロセスのことである。中縮尺の地図は、それらのプロセスに則って製作されているのである。つまり、「地理的特徴」あるいは「基準点」と表記される、いわゆる地物に対して「対応マーカ」（通常 GIS で使われる用語としては、GCP）を求めさえすれば済むような単純な作業では必ずしもない。なお、上述する地図表現に関する脚注は、平成 21 年図式以前の「1/25,000 地形図」に対するものである。

また、「米国陸軍地図」の注記を見ると「Compiled」と明記されているように、日本の陸軍参謀本部陸地測量部（Japanese Imperial Land Survey）の刊行する「1/25,000 地形図」の編集図であるのがわかる。また、凡例（LEGEND）を見ると、道路は、4 種類に分類された記号道路であるのがわかる。さらに、編集元となる基図の「1/25,000 地形図」自身も、現行の「1：25,000 地形図」とは違って、

*8 通常、1/10,000～1/100,000 の縮尺の地図を指して慣例的に呼んでいる。これより大きいものを大縮尺（1/500～1/5,000）、小さいものを小縮尺（1/200,000～1/5,000,000）と呼ぶ。

*9 全ての対象物をすべて忠実に描くことはできないので、一定の決まりに基づいて描く対象物を取捨選択して描いている場合がある。

*10 道路や鉄道等が混み合っている場合、真位置に描くことが不可能であるため、建物をまとめて描いたり、省いて街区のみにしたりする。または、複数車線を持つ道路を単線表示にしたりといったように、一定の決まりに基づいて、対象物をまとめて表現することを指す。

*11 道路や鉄道などは、一定の太さを持っている地図記号で描くため、真位置に描くと重なってしまう。したがって、重ならないように一定の決まりに基づき、位置を移動させて描くことを指す。

*12 道路幅 25m 以上の道路で、地図上での道路幅は、1mm 以上で 0.1mm 単位で縮尺化する。

*13 道幅が 25m 未満の道路で、道路幅によって一定の幅に記号化して表示する。

実測図では無く編集図である（測量・地図百年史編集委員会 1970）。なお、地形図そのものには「測図」との表記があるが、国土地理院に問い合わせた結果、（測量・地図百年史編集委員会 1970）にある記述通り、編集図との理解が正しいとの回答を貰っている。

しかも「米国陸軍地図」は、縮尺が1/12,500 とはいうものの「1/25,000 地形図」の伸図となるため、「米国陸軍地図」としての精度は、編集元の1/25,000の縮尺にとらわれている可能性もあることになる。つまり、上述する地図製作・調製の過程を承知の上でジオリファレンスが為されたかどうかの問題が顕著になってしまう。つまり、「米国陸軍地図」は、単純に12,500倍しさえすれば、現実の現況が把握できるとは言えないことを、明確に理解している必要があると言える。ところが、第5章の執筆者が、上述する「編集」や「図式」に関して正確に理解していると言えるほどの根拠となるような記述は第5章には見えない。適切なジオリファレンスを行ったとするような作業プロセスに関するにしか過ぎない記載にこだわっていて、本来の地図製作・調製の過程に対する対応について第5章独特のプロセスにおいての認知があると判断されるような内容の記述が乏しく、果たして適切なジオリファレンスが行われたのかどうかの判断が非常に難しくなっている。

また第5章では、ジオリファレンスの内容に関する記述はいくつもあるのであるが、どのジオリファレンスであろうと、そのプロセスの説明は大概不十分である。しかも、ジオリファレンスするのであれば、できれば、投影座標系を定義する方が、元々の紙地図の形状を保持できるので望ましいと思われる。結局、たったこれだけの文なのに、明瞭な説明がなされていない指摘がこれだけいくつもできてしまう。第5章が不十分と言える実例の一つである。座標系が正確に理解できていない。もっとも、それ以前に、地図の座標表示は経緯度になっているが、定義される座標系が、地理座標系^{*14}なのか、投影座標系なのか、明言されていないと言うのが実情である。

ii. 航空写真に適した幾何補正

航空写真が単写真であるということは、空中写真測量にも対応する垂直航空写真の可能性があるということの意味する。第5章で使用されたのが単写真であれば、適切な幾何補正であるオルソ幾何補正を行いさえすれば、地理空間情報として使用が可能なオルソ幾何補正済み写真画像になる。さらに、広い範囲で利用できるオルソ幾何補正済みモザイク画像も作成可能である。

ところが、第5章で取り扱われる航空写真は、写真の仕様に関する情報が一切無い上に、航空写真をジオリファレンスしたと言う記述があるだけで、どのような処理を行ったかの具体的な記述も無い。それだけの存在に過ぎない様な記述である。上述する単写真であれば、その空中写真測量に対応することは明白である。結局、どの様な航空写真なのか明記されていないので、施されたジオリファレンスが適切で意味あるものかどうかの判断することができない。

そもそも、単写真を幾何補正するのであればジオリファレンスでは不十分であ

*14 経緯度による 地球上の位置の表現のこと。

り、正射変換画像が作成できるオルソ幾何補正が適切である。したがって、第5章でジオリファレンスされたとされる航空写真では、結局、適切で十分な幾何補正が為されていないということである。

iii. 正確な座標情報が付与できる適切な投影座標系の定義方法

「測地系、地理座標および地図座標系」(p.274～)のセクションのp.274の最下段の段落で、「米国陸軍地図の基となった測地系については良くわかっていない。歴史的背景は、少なくとも使用された楕円体に関しては、米国陸軍地図が作成された時に米国で大変広く用いられていた測地系である1927年の北米測地系(NAD 1927)の基礎である1866年から続くClarkeの楕円体に基づいている可能性があることを示唆している。どの測地系を使用したのかについて調査が進められているが、本報告書作成時においてまだその結果は得られていない。しかし「測地学的問題」セクションで述べるように、米国陸軍地図の測地系と新都市計画地図の測地系との測地学的関係のみに基づいて地図の整合を行うことはできないので、この点に関しては考慮の余地があり未だ解決していない問題である。米国陸軍地図は、1,000ヤード平方のグリッド系(平面直角座標)を持ち、米国陸軍地図の作成者が定義しているように地図グリッド座標から経緯度への換算には、グリッド線に加えて経緯度の各分毎に地図上に印が示されていることが必然的に含まれている。しかし、変換の正確な方程式は当該調査のためには使用できない」と述べられている。

つまり、第5章では、「米国陸軍地図の基となった測地系については良くわかっていない。(略)どの測地系を使用したのかについて調査が進められているが、本報告書作成時においてまだその結果は得られていない」としているので、「米国陸軍地図」の投影座標系は定義されていない。一方本報告では、その投影座標系を定義するに足る情報の詳細を記載する文献として、Snyder, John Parr (1987)を例示することができる。しかも、本書には爆心地の座標値を示すのに使われている「ONE THOUSAND YARD POLYCONIC GRID(World Polyconic Grid)」(以下WPG)についての記載もある。本書には、投影パラメータ^{*15}を設定するのに足る情報が記載されている。本書は、1987年に発行されたものであるのだから、第5章の執筆者も知る機会が十分あったはずである。結局、参考文献の収集作業が疎かであったということに過ぎないだけである。

「米国陸軍地図」をGISで利用するのであるならば、その地図に使用される地図投影法と投影座標系における投影パラメータを設定した上で、紙地図である「米国陸軍地図」をスキャンしたラスター地図画像に幾何補正を行うことによって、元々持っていた紙地図本来の投影座標系を定義できる。そうした設定を定義した上でジオリファレンスすることによって、ようやく最も正確な座標情報が付与できる

*15 各地図投影には、GISユーザが定義しなければならない一連のパラメータがある。これらのパラメータは原点を指定し、対象地域に対する投影をカスタマイズする。角度パラメータには地理座標系の単位を、線形パラメータには投影座標系の単位を使用する。線形パラメータのFalse eastingは、X座標の原点に適用される線形の値で、False northingは、Y座標の原点に適用される線形の値である。角度パラメータのCentral meridianは、X座標の原点を、Latitude of originは、Y座標の原点を定義する(ESRIジャパンWebサイト参照)。

ものだと筆者は考えている。ところが、第5章では上述するような正確な座標値を導き出せると判断されるプロセスでの幾何補正が行われている訳では無い。地物を GCP として求めてジオリファレンスを行っているに過ぎない。しかも、「米国陸軍地図」の「基準点」の位置は、投影座標系が定義できていないので、目視によって位置を決めているに過ぎない。本報告では、Hubbell ら (1969) に示される「基準点」の座標値に基づいて表示できる。目視による判断で置かれた位置に誤差が含まれても仕方ない。一方、座標値で示される座標の位置には誤差など含まれることは無い。「地図投影と平面直角座標の使用に関連した本質的誤差」(p.277~) のセクションの p.278 の最終段落で、「新都市計画地図の平面直角座標系に内在する誤差は、当該座標系を利用するには結果として避けられない。これは典型的な地図の作業では問題とはならないが、ここでは高い精度で距離を特定したいので幾分興味のある問題である。より正確な距離を地理座標から理論的に計算することは可能であるが、その計算は極めて難しい」とまで言い切っているのに、「この作業過程には技術と判断力が必要である」としていて、目視で決定した位置では、「高い精度で」「特定」できているとするとは言い難い。本報告において実際に行った投影座標系を定義するジオリファレンスの作業についての詳細は、VI章で詳述する。

III. 専門用語についての不十分な理解

i. 投影座標系の混同

絶対間違えてはいけない地図の要素が、第5章では混同されている。通常、日本の中縮尺以上の地図には、日本における投影座標系の標準とも言える2種類の投影座標系がある。それは、平面直角座標系と UTM 座標系である。そして、地図の縮尺によってそのいずれかの投影座標系が定義されることになる。

「地図投影と平面直角座標の使用に関連した本質的誤差」(p.277~) のセクションの第2段落で、「日本の新都市計画地図は、ユニバーサル横メルカトル図法と同様に、経度が6度の幅の帯を網羅する Gauss-Krueger 投影体系に基づいている」との記述がある。また、同じセクションの p.278 の第2段落でも、「日本の測地系の Gauss-Krueger 法は横軸円筒図法であるので、縮尺度は経度と共に変化する。割線タイプが用いられており、縮尺因子（接線における縮尺に対する特定の地点における縮尺の比）は、接線の内側の経線上ではわずかに1より小さく、東西方向か等しい中心子午線に平行である線の外側では1よりもわずかに大きい。経度6度毎の各帯の境界線で縮尺因子と1の差が10,000分の1未満に収まるべきであるという基準にそって経度6度毎の帯は設けられている。縮尺因子がちょうど1である2本の正接線は、問題とする領域の平面直角座標の原点の緯度上で、中央子午線の東西90kmのところにある。新都市計画地図の平面直角座標系に内在する実際の誤差は、国土地理院のホームページにある正確な地図投影の方程式を用いることにより評価することが可能である（上述の「測地系、地理座標および地図座標系」のセクション参照）。対応する地理座標における単位角当たりの投影地図上の距離の一次導関数は、単純な差分近似法を用いることにより、新都市計画地図のタイルの三つの角における経度1度当たりのメートルおよび緯度1度当

たりのメートルで評価された。その結果を表2に示す。線量推定で関心のある地域で測定される最長距離において、これらの不正確さを約2m未満の誤差と解釈する」と述べられている。

ところが、「新都市計画地図」は平面直角座標系で定義される地図である。第5章の別のセクションで、「新都市計画地図」は「平面直角座標系」とする記述がありながら、上述する引用では、平面直角座標系では無く UTM 座標系が定義されているとする内容の記述になっている。「経度が6度の幅の帯を網羅する」や「経度6度毎の各帯の境界線で縮尺因子と1の差が10,000分の1未満に収まるべきであるという基準にそって経度6度毎の帯は設けられている」と表記されている箇所がそれである。この記述の内容は UTM 座標系に関するものであり、明らかに混同しているのがわかる。そもそも、「日本の新都市計画地図は、ユニバーサル横メルカトル図法と同様に、経度が6度の幅の帯を網羅する Gauss-Krueger 投影体系に基づいている」とする一文では、完全に混同しているのがわかる。

さらに、投影座標系に関連する記述も適切では無く、二つの投影座標系が混在した記述内容になっている箇所もある。「縮尺因子がちょうど1である2本の正接線は、問題とする領域の平面直角座標の原点の緯度上で、中央子午線の東西90kmのところにある」と述べられている箇所がそれである。ここは、UTM 座標系と平面直角座標系という2つの全く違う投影座標系に関する記述が、混在して述べられている。たしかに、「ユニバーサル横メルカトル図法」と「平面直角座標系」は同じ「Gauss-Krueger」図法ではあるし、また、平面直角座標系は、投影・図法の分類から言えば、UTM 図法と同じ「横軸正角割円筒図法」であるとはいっても、投影座標系としては全くの別物である。

ii. 専門用語である「scale factor」に対する誤訳

「地図投影と平面直角座標の使用に関連した本質的誤差」(p.277～)のセクションの p.278 の第2段落で、「日本の測地系の Gauss-Krueger 法は横軸円筒図法であるので、縮尺度は経度と共に変化する。割線タイプが用いられており、縮尺因子（接線における縮尺に対する特定の地点における縮尺の比）は、接線の内側の経線上ではわずかに1より小さく、東西方向か等しい中心子午線に平行である線の外側では1よりもわずかに大きい」に記されている「縮尺因子」の翻訳に関する問題である。オリジナルの英語版にある専門用語である「scale factor」の翻訳が「縮尺因子」となっている。

ところが、この「scale factor」は、そもそも専門用語として「縮尺係数」と翻訳されるべきである。「縮尺係数」と記されるのであれば、何を意味するのかわかるものが、「縮尺因子」と記されると、「(接線における縮尺に対する特定の地点における縮尺の比)」と附記されてあっても、これでは不十分で、何を意味するのか明確とは言い難い。つまり、「縮尺因子」では専門用語としては完全な誤訳である。専門用語については、専門用語の辞典を使ってでも対応する日本語の専門用語を調べるべきである。

iii. 多円錐図法に対する誤解

「地図投影と平面直角座標の使用に関連した本質的誤差」(p.277～)の前節と

同様、最初の段落のその最後の一文で、「円錐図法の場合、投影面は、図4に示すように単一タイプの場合は1本の緯線（等緯線）に、割線タイプの場合は2本の緯線に沿って地球の表面に正接して（接して）いる」と述べられている。

これらは、それぞれ「円錐図法（正接）」と「円錐図法（正割）」について解説した内容である。ところが、第5章で取り上げられている問題の「米国陸軍地図」は「多円錐図法」なので、この「円錐図法」の解説の内容とはどちらとも異なる地図投影法である。「現代測量学」出版委員会編（1991）に寄れば、「円錐図法とは正軸円錐図法を指し、地球と円錐が接しまたは交わるところの緯線の長さが地球上と等しく投影されるので、これを標準緯線（基準緯線）として接円錐図法を1標準緯線円錐図法、割円錐図法を2標準緯線円錐図法と言っている。（略）円錐図法の名称には、接円錐、割円錐の別と正距、正角、正積などの性質とを組み合わせた呼び方と、考案者等の名前を冠して呼ぶ場合がある」と説明がある。

一方、「多円錐図法は地図に表示する緯線毎に円錐を接するものとして投影を行う方法である。これに対して前述した円錐図法を単円錐図法ということがある。多円錐図法では地図上の緯線はそれぞれが中央経線上に中心を持つ円群で、中央経線以外の線は曲線となる」。さらに、政春尋志（2011）でも、多円錐図法と円錐図法は、別々の節でとりあげてあり、別種のものであることがわかる。しかも、著者本人より、多円錐図法は、円錐図法と関連はあるにしても、円錐図法の分類には入っていないとの助言もある。結局、書く必要のない無意味な内容について触れている箇所には過ぎなかった。

iv. 専門用語として不適切な「準拠座標系（frame）」

第5章では、「準拠座標系（frame）」という用語が、専門用語のように既に「緒言」（p.270～）のp.271第4段落から顕れ、「原爆投下直前と直後に撮影された航空写真は、現在の調査にとって大変重要な補助的役割を果たしている。最も大切なことは、GISが使用可能な地図や航空写真をすべて共通の準拠座標系で考慮することが可能であり、それにより空間的な関係を決めるため様々に重ね合わせることができるということである（Verbyla および Chang 1997）」と述べられている。「準拠座標系」は、「frame」とオリジナルの英語版では表記される用語を翻訳したものである。ところが、第5章を通して、「準拠座標系」という用語は、「地理座標系（Geographic coordinate system）」の意味で使用されていたり、あるいは「投影座標系（Projected coordinate system）」の意味で使用されるなど、どちらにも取れるような使い方がされている。説明の形容句が付かないときは、どちらなのか判断しようとしても全く判断できない。つまり、この「準拠座標系」という用語では、「地理座標系」なのか「投影座標系」なのか、どちらを意図して使われている用語なのか判断できないままである。

ところで、この二つの専門用語には注目すべき関係がある。確かに、「地理座標系」と「投影座標系」は別物であるが、「投影座標系では、地理座標系の定義も含まれる」という関係があることである。ところが、この関係が正確に理解されているとは言えない記述が散見される。地理情報システム（GIS）で地図を表示するなら、「地理座標系」なり「投影座標系」なりを定義する必要がある。定義をしないままでは地図表示はできない。

結局、明瞭に異なった専門用語があるのかかわらず、この専門用語と言えない「準拠座標系」をあえて使用しているようである。これでは、「地理座標系」なり「投影座標系」なりを適切に使い分けて使用すべきところを、違いを理解すること無く曖昧な用語にしか過ぎない「準拠座標系」一つを使って表現しようとしていると判断する以外に無い。第5章は、地図や航空写真といった地理空間情報について取り上げた内容について記されているのだから、専門用語については正確にかつ適切に取り扱うべきである。

v. 移転している三角点の「中電ビル」とその表示される基準とする測地系の違い

「測地系、地理座標および地図座標系」(p.274～)のセクションのp.275の下から2つ目の段落で、「さらに、中国電力の建物の屋上にある地理測量ベンチマークの経緯度は、広島の新都市計画地図上の地図座標から計算され、国土地理院のホームページに記載されているものと一致しており、その差は2m未満である」と述べられている。

まず、使用される用語が、ここでも不正確な用語が使用されている。それは、「地理測量ベンチマーク」である。オリジナルの英語版では「a geographical survey benchmark」と表記されている。ところが、「benchmark」は、「水準点」^{*16}と訳されるべき基準点の一つである。つまり、「中国電力の建物の屋上にある」のは、「水準点」と訳される「ベンチマーク (Benchmark)」ではなく、正確には「三角点」^{*17} (Triangulation point) である。「水準点」と「三角点」では、地図記号からして違い、そして、基準点として要求されている性質が全く違っているのである。

また、「中国電力の建物の屋上にある」点名「中電ビル」である三角点は、「新都市計画地図」が測量された1979年当時に設置されていた位置から、同じ点名の「中電ビル」ではあるものの1985年には移転している。つまり、「新都市計画地図」に表示される三角点の位置と、第5章執筆時に設置されている「中国電力の建物の屋上にある」三角点の位置とは異なっている。この点から、まず経緯度座標値が「一致」することはあり得るはずがないのである。表3-5-1は、1955年5月に設置後、「新都市計画地図」が測量された1979年の直前である1967年11月21日に調製された「三角点成果表」^{*18}である。また、「国土地理院のホームページに記載されているもの」は現行の三角点の成果が表示してあるだけで、移転前の位置は表示していない。表3-5-2は、第5章執筆当時に直近の1985年1月16日に移転して同年4月9日に調製された「三角点成果表」である。それぞれ、表示される経緯度もXY座標も違うのが読み取れる。どうして「一致」したのか見当がつかない。さらに、この「中電ビル」という三角点は、現在では「中電ビル」の屋上から「市役所」の本庁舎ビルの屋上に移されている。その履歴は、「市役所」

*16 正確な高さを求める測量をおこなうために、国土地理院が作った高さの基準となる点のこと (国土地理院 Web サイト参照)。

*17 正確な位置を求める測量をおこなうために、国土地理院が作った位置の基準となる点のこと (国土地理院 Web サイト参照)。

*18 国土地理院が設置する三角点の基準点コード、等級、三角点名、設置されている場所の緯度・経度・標高・XY座標値、座標系、縮尺係数等が記されている。

の「点の記」*19（表3-5-3）に記されている。

しかも、第5章における「新都市計画地図」に関するGISの作業は、旧日本測地系（東京測地系）に基づいて処理されている。ところが、第5章が執筆されている当時の日本の測地系は、2002年から世界測地系（日本測地系2000）に移行しており、国土地理院のWebサイト上で表示される経緯度の座標値も、世界測地系に基づく経緯度で表示されている。したがって、移転しているかどうか以前に、表示される座標値の数値の問題としても、「広島の新都市計画地図上の地

表 3-5-1

5132-43-6601
400550 42.11.21

観測点の名称	平均方向角	距離	備考
1 大平	0 9 53	3 246 600	野
2 三十三間	14 3 58	2 151 496	野
3 中国新聞	54 28 1	2 979 455	野
4 広島局	57 1 34	5 561 181	野
5 北谷山	110 6 54	5 251 717	野
6 南中野	178 58 1	5 278 482	野
7 江波	217 26 32	5 492 977	野
8 吉島	222 15 39	5 108 474	野
9 西和太	242 9 59	5 405 205	野
10 新所	279 0 1	5 471 374	野

60. / 移転

表 3-5-2

観測点 42.11.21

基準点メッシュコード: 9132, 43, 6601

点の記号: 3

三角点成果表 (AREA 3)

四等三角点 (32) 中電ビル

B 34°23' 5.8526
L 132°27' 29.6345
N - 0 9 52.8

X - 179 103.907
Y 26 809.230
H 33.27
柱石 0.09

観測点の名称	平均方向角	距離	備考
II 仁保島	125 45 3.8	3 968.183	4.1

埋標型式: 地上 1/20万 広島 1/5万 広島 100023

図名: 1/20万 広島 1/5万 広島

三角測量: 第一等 第二等 第三等 第四等

原簿部号: 第一等 第一等 第一等 広島 第八等

備考: 60年 / 月 / 日 改正 測量 改正 測量 改正 測量 改正 測量

1.5.27

表 3-5-3

基準点コード: TR45132436602

四等三角点の記

ふりがな	市役所	1/20万 図名	1/5万 図名	三角測量原簿 (部号)
市役所	広島	広島	広島	広島 第8部
冠字番号	第32号	陸上	陸上	(保護石0個)
標高	金属標 第10023号	柱石	石	0.01 m
所在地	広島県広島市中区国泰寺町一丁目6番1			
所在地	広島市	地目	宅地	
所有者	(金庫総務局総務課庁舎管理係)			
測点	平成15年12月10日	測点者	竹田 弘己	
設置	平成16年9月9日	設置者	村上 克明	
観測	平成15年12月26日	観測者	竹田 弘己	
自動車到達地点	広島市役所駐車場			
歩道状況	庁舎内通路、エレベーター、階段 陸上南側入口			
徒歩時間(距離)	約5分 (約50m)			
三角点周囲の状況	北西側:マイタロ通信アンテナ 西側:高層ビル			
履歴(1)	平成16年2月9日	移転(点名変更 旧点名:中電ビル)	旧設置	昭和60年1月16日
履歴(2)	平成15年12月26日	改測	旧観測	昭和60年1月14日
備考	平成22年1月6日	基準点現況調査	アンテナ高	m
	GPS測量 協議済 立入には事前許可申請	基点		m
	平成15年12月	基準点改測 (旧改第176部)	口幅心点	2.736

要図: 1/25,000 [広島]

平成22年1月7日 調査 国土地理院

*19 三角点の戸籍又は、案内図といったものである。見知らぬ場所の三角点で測量をする際に、測量者は必ず入手して利用する。内容は、点名、所在地、土地の所有者、測量年月日、三角点までの道順、交通、案内図などで構成されている（国土地理院 Web サイト参照）。

図座標から計算され」た旧日本測地系の経緯度座標値が、2002年4月以降に閲覧したのであれば、「国土地理院のホームページに記載されているものと一致」する訳はない。

ただし、上述する第5章のこの段落の一つ前の段落で、「新都市計画地図は、全国的な日本の測量システムに則り1,000 mの平面直角グリッドに基づいている。長崎の新都市計画地図には各タイルの経度では水平方向の端に、また緯度では垂直方向の端に別の印があるが、これらの地図では経緯度について十字線タイプの印はない。日本国土地理院のホームページに記載されている方程式に基づく、地図グリッド座標を経緯度に換算する式は利用可能である。2001年までこれらの方程式は、1842（ママ）年に決定されたBesselの楕円体を使用する東京測地系に基づいていた。Besselの楕円体のパラメータを表1に示す。この変換に必要な方程式は、日本測量協会の『世界測地系と座標変換』（飛田2002/日本語）に掲載されている。これらの方程式はスプレッドシートにコード化され、日本国土地理院のホームページ上で利用可能な計算プログラム（2002年）と一致しているかを検証するために照合された」と記されている。その「日本国土地理院のホームページ上で利用可能な計算プログラム」を利用して変換した座標値と比較することはできるが、「国土地理院のホームページに記載されている」そのものの数値とは違っている。

それでも、同じ座標値だと言うのであれば、「新都市計画地図」に施したジオリファレンスの処理作業に問題があり、適切な処理が為されていない可能性が出てくる。さらに、「一致して」いるとする三角点が、2m未満とはいえ、なぜ差があるのかも大きな疑問である。2m未満の差があっても「一致して」いると言える根拠は一体何なのか疑問が残る。

IV. 「地理情報システム（GIS）」の活用における不十分な要素

i. 用語として意味不明な「地図座標系（Map Coordinate Systems）」

「測地系、地理座標および地図座標系」(p.274～)のセクションのタイトルに「地図座標系」という用語がある。ところが、「地図座標系」という用語は、このセクションのタイトルで採用されるだけで、他には、タイトルの引用として2度顕れるに過ぎず、用語としての説明は一切無い。しかも、「地図座標系」という用語は、専門用語には無いので何を意味しているのか全くわからない。もちろんオリジナルの英語版でも「Map Coordinate Systems」とあり「地図座標系」と訳すしもなく、この英語も専門用語に無いのは同様である。このセクションのタイトルに見える他の専門用語である、「測地系、地理座標」と並んで記されることから、「投影座標系 (projected coordinate systems)」を意図しているのではないかと推測されるに留まるだけで、確証は無い。

したがって、タイトルに「測地系、地理座標および地図座標系」と記されているものの、各用語は並列されるような用語では無く、しかも、あえて並列する意図すらよくわからない。

ii. 不確定な「地理座標」の意味

「地理座標」とは、本来「経度・緯度」を意味する用語である。ただし第5章では、「経度・緯度」を意味していない場合もあり、「経度・緯度」の意味で使われている場合が多いと言う表現に留まらざるを得ないのが現状である。

まず、何より先に指摘している、「地図作成と GIS の根本的概念」(p.272～)のセクションでの「地理座標」については、「地球表面の特定モデルに対する経線や緯線のような」としており、厳密に読むと「経度・緯度」の意味としては使われていない。なお、この使い方は、前の段落で指摘した通り、「地理座標」の理解が適切とは言い難い。したがって第5章では、あくまでも多いとしか言えないことに注意を必要とする。ところが、p.272の最下行に、「X と Y は平面直角座標または地理座標（例：当該調査においては経度と緯度）であり」とか、「測地系、地理座標および地図座標系」(p.274～)のセクションの最初の段落で、「どの地図にも地球表面の全体的または平均的な形および面積に関する仮定条件（すなわち、山に関連する高度差異を平均するなど）を定義する測地系と経緯度のような地理座標で座標系を十分に定義するその他の明細事項（測量の角度単位、本初子午線）がある」とあるように、元々経緯度座標を意味する地理座標に対して、「経緯度」と断っている。

また、p.275の最後の段落に、「地理情報システム（GIS）を用いて初期比較をするために、以下に詳細に示す国土地理院の式を用いて日本の広島の地図を東京測地系の地理座標（経度および緯度）でジオリファレンスした」と地理座標を「経度・緯度」とするような箇所も存在するのである。すなわち、「地理座標」の意味する内容が、当該報告を通して必ずしも一貫しておらず、意味の確定している用語として捉えられているとは言い難い。何より、「地理座標（経度および緯度）」と表記するぐらいなら、始めから「経度および緯度」と表記した方がよほど安定した用語の使い方になるであろう。

ちなみに、オリジナルの英語版を見ると「地理座標」は、「Geographical Coordinates」の日本語訳となっているのだが、「地理座標」は何度も指摘する通り、通常、「経度・緯度」を意味する。なるほど「Geographical Coordinates」を直訳すれば「地理座標」にはなるものの、たとえば、オリジナルの英語版で使用される「Geographical Coordinates」は、専門用語としては存在しない。ただし、「地理座標系（Geographic coordinate system）」であれば、専門用語は存在する。それは、3次元である地球上の位置を緯度と経度で表現する座標系を意味する。もっとも、先に何度も触れたが、「地理座標」が「経度および緯度」では無く「投影座標系」の座標値を意味する箇所がありはするので、要注意である。ひとつの用語の用法が揺れていて、用語として、どう判断しているのか明確とは言えない。

iii. 地図に表示されることと地球における事実

「本調査で用いられた GIS を使用方法の概要」(p.288)のセクションの p.288の最終段落で、「広島および長崎の近似的緯度において「角度空間」（経度と緯度）で表示された地図の縦横比は、平面直角座標系で表示された地図のものとは幾分異なっているが、かなめの準拠座標系として地理座標を使う作業の方が、これ

まで行われてきた作業にとっては都合が良かった。経度は近似的に距離を緯度の距離の \cos (緯度) 倍、すなわち約 $\cos(33^\circ) = 0.87$ 倍と表すだけなので (図5)、角度空間で見た場合、平面直角座標で正方形であるものは、垂直方向の長さの方が水平方向よりも短くなる。これはメートル当たりの角度が経度よりも緯度の方が少ないからである。地理座標でスキャン地図画像ラスターをジオリファレンスするために一次アフィン変換を使用することによって地図の「非歪曲化」をすることは標準的な手法である (Verbyla および Chang 1997)。と述べられている。

まず、「かなめの準拠座標系として地理座標を使う作業の方が、これまで行われてきた作業にとっては都合が良かった」とある箇所では、「地理座標系」にしろ、「投影座標系」にしろ、経緯度である地理座標は必ず使うことになるので、あえて地理座標が選択肢になるような場面にはならない。「都合が良」いかどうか以前の問題である。結局、何が都合が良いのか明確に記されていないままである。本段落の冒頭で、「「角度空間」(経度と緯度)で表示された地図」とあることや、本セクションの後で示される地図を見ると、「地理座標系」だけを定義して、経度緯度の格子が正方形になるようにしたかっただろうと言うぐらいの推測しかできない。所詮、経度緯度の縦横比を1:1にしたかっただけであろう。結局「平面直角座標系」を定義すると、経度緯度の縦横比が1:1にならないのが、第5章の執筆者にとって把握に不便があったのであろう。そもそも「米国陸軍地図」と「新都市計画地図」は同じ「平面直角座標系」が定義されている訳ではない。しかも第5章では、「米国陸軍地図」の投影座標系は定義できていないので、そもそも「変換」のしようがない。

また、「かなめの準拠座標系として地理座標を使う作業」と記されているのは、この表現では、地理座標系を定義して行った作業なのか、投影座標系まで定義した作業なのか判断できない。III章iv節で記すように、「準拠座標系」なる用語は、何も説明したものになっていないからである。本来、地図を対象とした作業は、どうしても「地理座標」、すなわち経度・緯度を用いた作業になってしまう。「準拠座標系」では、結局何を定義したことになっているのか、そして、どのような作業だったのか、まるで判断できない。

そして、上述する理解でしかないために、第5章の図11 (p.303) が地理座標系を定義しかすることができなかつたことになる。地理座標系の座標では3次元における角度で表されるため、その座標を平面上で表現した場合、距離・面積・角度のいずれも正確にはならない。つまり、面積や角度などが正確に表現されることはない。だから、経度緯度で表現される図11における四角形は、見た目は正方形になっても、実際は、距離が正しく表示されていないのだから、厳密には正方形ではないことになる。地理座標系で定義される地図の表示は、こうした条件の下での描画であることを理解した上で見る必要がある。投影座標系の要素である平面直角座標系を定義することで、この程度の範囲では、距離、面積を正しく描画できるのを、あえて地理座標系を定義するだけの根拠は、第5章で記されることは一切無かつた。

しかも、「平面直角座標系に内在する実際の誤差」を指摘するものの、地理座標系を定義しただけの地図の表示に見られる不正確な事項については言及していない。それどころか、「かなめの準拠座標系として地理座標を使う作業の方が、

これまで行われてきた作業にとっては都合が良かった」とした不十分な理解を示している。結局、地理座標系で表示した地図の「見かけ」上の長さを問題にしているに過ぎない。地理座標系に基づく表示であろうと、投影座標系に基づく表示であろうと、「見かけ」上の地図同士が違っているだけで、本来の地球における角度も距離も、どちらの座標系で表示しようと変わるものではないという事実が置き去りにされている。

iv. 「地図変換 (Map Transformations)」の意味するもの

「米国陸軍地図上の位置に関する誤差」(p.311～)のセクションのp.314の最終段落で引用されるセクションのタイトルとして表記される「米国陸軍地図から日本の新都市計画地図への地図変換」に初めてあらわれ、また、「米国陸軍地図から日本の新都市計画地図への地図変換」(p.317～)のセクションのタイトルに「地図変換 (Map Transformations)」という表記される用語があらわれる。

まず、この「地図変換」についてであるが、残念ながら何を意味している用語なのか皆目わからない。何しろ、このような専門用語は無い。地図をどのようにしたら変換できるのか、地図の何を交換しようとしているのか、第5章を通じて、具体的な変換方法を説明した箇所は存在しない。筆者の知る限り、地図を構成する何かの要素についての変換は可能であるにしても、地図自体、地図そのものの変換ができる方法があるとは到底考えられない。あえて第5章で「地図変換」について、GISを利用した具体的な方法が記されているかと期待したが、結局、第5章では何の具体的な言及も無いままであった。

ここでは、「地図変換」の実際の表記のすべてを引用しないが、「変換」という用語が、ジオリファレンスの際の「一次アフィン変換」の「変換」であったり、何らかの方法で処理される「座標」の「変換」と覚しき記述が見えるものの、何カ所かで「地図変換」という表記が見られるに留まっている。「地図変換」という表記が見られる箇所に置いて、その表記される箇所での記述について、その箇所における他の記述部分についての明瞭な理解を難しくしている状況になってしまっていることになっている。

v. 行われていない平面直角座標の変換

「米国陸軍地図から日本の新都市計画地図への地図変換」(p.317～)のセクション冒頭に、「ここで取られた方法では、米国陸軍地図の平面直角座標から新都市計画地図の平面直角座標への変換誤差は主に、米国陸軍地図画像ラスター内のピクセルアドレスから経緯度の地理座標への変換誤差であると想定する。この方法で米国陸軍地図上の地理的特徴の相互配置における誤差がすべて捉えられる。米国陸軍地図の平面直角座標を地図画像ラスター内のピクセルアドレスに関連付ける際には、グリッド線が画像ラスターのピクセル空間において完全に直線のデカルト座標系を形作らない程度の小さな誤差がさらにあり、これは米国陸軍地図上の位置の指定が、そのピクセルアドレスからではなく、地図上に描かれたグリッドを用いてその平面直角座標を測ることから始まる場合に当てはまる。この誤差は、以下の解析から除外するには十分なほど小さく、米国陸軍地図グリッド座標に係わる変換にのみ関連する。(米国陸軍地図のイメージ上でGISポインターに

よって正確に位置が決定される地点はどれにも、米国陸軍地図グリッド座標を用いることなく新都市計画地図上で経度、緯度および座標を計算するために決定し、使用可能なピクセルアドレスがある。)と述べられている。この記述内容では、何を指摘しているのか理解するのはなかなか難しい。

まず、「米国陸軍地図の平面直角座標から新都市計画地図の平面直角座標への変換誤差」との記述があるものの厳密な意味での「座標」の「変換」そのものは行えていない。II章iii節で指摘している通り、第5章では、「米国陸軍地図の基となった測地系については良くわかっていない。(略)どの測地系を使用したのかについて調査が進められているが、本報告書作成時においてまだその結果は得られていない」としているのだから、「平面直角座標系」が定義できていないので、「座標」にかかわらず「変換」など行えるはずがないのである。また、「米国陸軍地図上の位置の指定が、そのピクセルアドレスからではなく、地図上に描かれたグリッドを用いてその平面直角座標を測ることから始まる場合に当てはまる」との記述があるが、実際には、先述の通り「米国陸軍地図の基となった測地系については良くわかっていない」のである。それなのに、どうして「平面直角座標を測ること」ができるのかはなほ疑問である。

「米国陸軍地図」の「平面直角座標」を定義できていない。それにもかかわらず、本節で指摘する段落では、第5章の執筆者が「米国陸軍地図」の「平面直角座標」の仕様の詳細を承知していて、その上で「座標」を「変換」できているような書きぶりであるとしか言えないのが現状である。

V. 第5章における爆心地座標の取扱い

i. 二つの爆心地

旧日本測地系（東京測地系）における経緯度の座標値から平面直角座標系のXY座標値に換算されている箇所、第5章で示されるXY座標値は、経緯度の座標値が正確に換算された数値を示していない。まず、p.305の「広島」のセクションで、経緯度の座標値である「経度 132.457273 度、緯度 34.391361 度」が示される。そして、平面直角座標系のXY座標値である「26.721km、-178.395km」が続いて示される。このXY座標値は、第5章の「結論」(p.327～)のp.329の3つめの段落にも明記される。ところが、先の経緯度の座標値の換算結果であるXY座標値は、正しくは「26718.0385m、-178394.1383m」である。また、XY座標値である「26.721km、-178.395km」を経緯度で示すとすれば、その換算結果は、「経度 132.457305 度、緯度 34.391353 度」である。どちらから換算しても、同じ位置にならない。この2点間は、3.084317m離れている。しかも、「地図の整合に関する元々の調査の主眼点は、過去に定義された爆心地の位置に対応する日本の新都市計画地図上の爆心地位置を決定することである (p.305 の中段)」と明記している。二つの爆心地を図5-1-1に示す。なお、図5-1-1は、1945年7月25日撮影のオルソモザイク幾何補正済み画像と「新都市計画地図」(広島市平面図 O-8)を重ね合わせて示している。

なお、上記オルソモザイク幾何補正済み画像の仕様を以下に記す。
作成者：荒滝和律氏（アジア航測株式会社）と本報告筆者

概略作成手法：① 1945年7月25日に米軍が撮影した航空写真を解像度10 μ mでデジタルスキャンし画像データを得た。②航空写真指標が読み取れなかったため目視判読による画像加工処理にて画角範囲を切り出しピクセルサイズを合わせることで航空写真四隅（指標）とした。③ソフトコピー図化機に対象写真を取り込み、パスポイント、タイポイントを取得し相互標定を行った。④基準点は当時と地形経年変化が少ないと思われる橋や学校・工場敷地などを選定し、広島市発行広島市平面図（1/2,500）からの日本測地系第3系の座標読み取りを行った。⑤読み取りを行った座標値を元に③のソフトコピー図化機を用い基準点を取得し絶対標定を行った。

さらに、数値地図50mメッシュ標高を元にデジタルオルソ画像を出力した。

単写真の諸元は、焦点距離：24inch、撮影高度：28,000feet、写真縮尺：1/14,000である

見積られる精度：航空写真の縮尺が1/14,000であること、プリント後の写真



「この地図は、広島市長の承認を得て、広島市発行の1/2,500地形図を使用したものである。(承認番号 平30広都計第236号)」

図 5-1-1

資料でのスキヤニングであったことなど考慮し、現行の写真地図作成作業規定などを準用すると、概ね地図情報レベル 5000 から 10000 の精度を見込み作業を行った。これらに該当する水平位置の精度は標準偏差で 5.0m～10.0m 以内が期待できた。

地上画素寸法と縮尺：デジタル画像上の地上画素寸法は計算上 0.14m 程度となるが画質等を考慮するとこの結果より劣ると考えられる。また、精度面からもレベル 5000 から 10000 程度と考える。

これでは、たった 1 点であるはずの爆心地座標を決定したことになるとは到底言えるものではない。爆心地がなぜ 2 カ所になってしまったのか、その原因は第 5 章を読む限りではよくわからない。そもそも、GIS ソフトのツールを利用すれば、対象のポイント座標の経緯度座標であろうと XY 座標であろうと、また両方であろうとテーブルに表示することができる。換算の必要などない。換算も間違っているばかりか、地図の設定も不十分と言わざるを得ない状況では、到底正しい座標値を導き出すことはできるはずがない。結局、「整合と照合」とタイトルにあるのに、それらの座標値が正確に換算できたかどうかの指標になる数値の扱いが、とても杜撰であるということになる。

VI. 本報告における「米国陸軍地図」のジオリファレンスに伴い行った作業

i. 第 5 章において「米国陸軍地図」に施したジオリファレンスの限界

「陸軍地図を日本の新都市計画地図にジオリファレンスする」(p.297～)のセクションの冒頭で、「上述のように、決定された基準点に対して陸軍地図の画像をジオリファレンスした。陸軍地図上の対象となる地理的特徴の輪郭が日本の新都市計画地図にある輪郭の大きさ、形および方角についてほとんどまったくといって良いほど同一ではないということを考えると、この作業過程には技術と判断力が必要である。両方の地図上で近辺にあるその他の地理的特徴と関連させて地理的特徴を照合することにより、当てはめが良いものであるということをさらに確認することが可能である。これに関しては航空写真が極めて貴重であり、上述したように全く同じ基準点に対してジオリファレンスされている」と述べられている。

この段落で象徴的なのが、「陸軍地図上の対象となる地理的特徴の輪郭が日本の新都市計画地図にある輪郭の大きさ、形および方角についてほとんど全くといって良いほど同一ではないということを考えると、この作業過程には技術と判断力が必要である。両方の地図上で近辺にあるその他の地理的特徴と関連させて地理的特徴を照合することにより、当てはめが良いものであるということをさらに確認することが可能である」とする箇所である。

本報告では、まず誤差を生み出す原因となる要素となる「技術と判断力が必要」とされる状況を削減どころか取り除きたかった。すなわち、Hubbell ら (1969) で示される「基準点」の座標値をそのまま生かす方法をとるために、元々「米国陸軍地図」の基準である投影座標系を定義することにしたのである。したがって本報告では、「陸軍地図上の対象となる地理的特徴の輪郭が日本の新都市計画地図にある輪郭の大きさ、形および方角についてほとんど全くといって良いほど同

一ではないということ」や、上記の次の段落で指摘する「米国陸軍地図」の「間違い」や「不正確」な点について、全く問題にしていない。

それゆえに、「両方の地図上で近辺にあるその他の地理的特徴と関連させて地理的特徴を照合することにより、当てはめが良いものであるということ」をさらに確認すること」も不要である。

なお、本節で指摘した第5章で行われたジオリファレンスの限界を解消すべく、本報告において実施したジオリファレンスを一つずつ以下に詳述する。

ii. 「米国陸軍地図」の投影座標系と本報告における「米国陸軍地図」のジオリファレンス

「米国陸軍地図」の投影法は、「米国陸軍地図」の注記に「POLYCONIC PROJECTION」と明記されており「多円錐図法」であることがわかる。また、爆心地の座標値を示すのに使われている WPG についての仕様の詳細は、Snyder, John Parr (1987) に記載されているのは既に述べた通りである。それにより、「米国陸軍地図」の投影パラメータは、II章 iii 節で記した通りに想定した設定で定義した。しかも、この投影パラメータの設定の内、「測地基準系」は「旧日本測地系（東京測地系）」に、「回転楕円体」は「Clarke1866」にそれぞれ設定してある。第5章では「どの測地系を使用したのかについて調査が進められているが、本報告書作成時においてまだその結果は得られていない。」としている。対して本報告において

表 6-2-1

投影パラメータ

投影法 (Projection) : 多円錐図法 (Polyconic)
 東距 (False_Easting) : 1000000.0
 北距 (False_Northing) : 2000000.0
 中央子午線 (Central_Meridian) : 135.0
 投影原点の緯度 (Latitude_Of_Origin) : 40.5
 線形ユニット (Linear Unit) : US Survey yard (0.9144018288036576)

地理座標系 (Geographic Coordinate System) : GCS_Tokyo
 角度単位 (Angular Unit) : Degree (0.0174532925199433)
 本初子午線 (Prime Meridian) : Greenwich (0.0)
 測地基準系 (Datum) : D_Tokyo
 回転楕円体 (Spheroid) : Clarke_1866
 楕円体の長半径 (Semimajor Axis) : 6378206.4
 楕円体の短半径 (Semiminor Axis) : 6356583.799998981
 扁平率 (Inverse Flattening) : 294.9786982



図 6-2-1

は、投影座標系に回転楕円体には「Clarke1866」を使っているとしても、測地基準系としては、当時の米軍が日本国内の地図を作るときに NAD1927 に準拠できるわけがない。したがって「米国陸軍地図」発行当時は、GPS のような衛星測位システムなどは無いので、測地基準系のうち現実の日本国内の地点の経緯度については、当時の地図製作技術・測量技術から考えても、当時の陸軍参謀本部陸地測量部あるいは内務省地理調査所が使用していた旧日本測地系（東京測地系）を使用する以外に選択肢はなかったはずである。

爆心地座標は、既出の通り、「米国陸軍地図」に展開する WPG の座標値に基づいて現されている。その「米国陸軍地図」が紙地図として作図されている状況を、正確にデジタル地図として再現することは、その投影パラメータに基づく投影座標系が定義されるようにジオリファレンスすることが望ましい。多円錐図法で WPG による設定を想定したのが表 6-2-1 に示される投影パラメータの数値、仕様である。なお、本報告における「米国陸軍地図」のジオリファレンスの過程は、以下に記す通りである。まず、「米国陸軍地図」のラスター地図画像を、表 6-2-1 に示す投影パラメータにある数値に設定した「多円錐図法」が定義してある画面に表示する。それから、GCP を「WPG」の格子網の交差点をリンク先にするために、交差点の XY 座標値を入力する。その GCP のリンク先は、まず、ラスター地図画像の各角の近くの一つずつ割り振る。さらに、内部に複数存在するように満遍なく行き渡るように配分する。結局、GCP は 19 点求めた。そして、幾何補正には多項式変換を行った。それは、ラスター 地図画像をシフト、サイズ変更、回転させたりするアフィン多項式変換と、さらに曲げたりカーブさせたりする 3 次多項式変換をそれぞれ行い、RMS 誤差^{*20} とラスター地図画像の WPG の格子網と格子線がどれほど一致するか、その重なり具合を比較して決定した。特に 3 次多項式変換では、残差の大きいとみられる 2 点をリンクから除いて RMS 誤差をより小さくするようにした変換も行ってみた。3 次多項式変換の方が、RMS 誤差の平均値の大半は小数点以下に収まった。17 点のリンクのものは、19 点のものと比較して格子線の一致具合が大差無かったので、最終的には、より満遍なく行き渡るように配分される 19 点のリンクを求めた 3 次多項式変換の幾何補正を行ったものを採用した。ラスター地図画像に対して配分した GCP を表示した状態を図 6-2-1 に示す。また、そのリンクの RMS 誤差を示したテーブルを表 6-2-2 に示す。格子線の一致の程度が高かったことは、元々の紙地図の作図された状態がより正確に再現されていることを示している。

そして、ここで定義した投影座標系が適切であったと判断した根拠は、この投影座標系に基づいた WPG の XY 座標による格子線と経緯度線との重なり具合、一致の程度に拠る。ラスター地図画像の WPG の XY 座標による格子線と経緯度

*20 ラスターデータセットをジオリファレンスするには、ジオリファレンスしたラスターやベクターフィーチャクラスなど、目的の地図の座標系に存在する既存の空間データ（ターゲットデータ）を使用して、GCP と位置合わせを行う。その際、一般公式を引き出して GCP に適用すると、誤差、つまり残差誤差の量が返される。誤差とは、始点が終了した場所と実際に指定された位置（終点位置）との差を意味する。合計誤差を求めるには、すべての残差の合計である二乗平均平方根を利用して、RMS 誤差を計算する。この値は、さまざまな GCP（リンク）間の変換の一貫性を表す（ESRI ジャパン Web サイト参照）。

線との重なり具合を確認すると、XY座標による格子線と、経緯度線網と地図上に一定間隔で描画される十字印の両者に同時に一致する。しかも、経緯線の十字印の重なり具合は、「距離単位」の「単位当たりの長さ」を一般的なヤードの換算値である「0.9144」ではなく、測量系で使用される「US Survey yard」の換算値である「0.9144018288036576」にすることで、より高い一致率となった。この一致具合が、ここで採用した投影法と投影パラメータが適切であったと判断する根拠である。発生させた格子線とWPGの格子線と、経緯度線網と地図上に一定間隔で描画される十字印の両者が一致している状態を示したのが図6-2-2である。

したがって、DS02の第1章「爆発パラメーター」(p.48～)で、p.50の「爆

表 6-2-2

リソ	元X座標	元Y座標	補正X座標	補正Y座標	残差X	残差Y	残差
1	10,436.967525	-886.774453	750,000.000000	1,265,000.0000...	0.349039	-0.419978	0.546086
2	1,143.326804	-8,897.785782	739,000.000000	1,256,000.0000...	0.019297	-0.011570	0.022500
3	10,635.582856	-8,649.421402	750,000.000000	1,256,000.0000...	0.139196	0.162028	0.213609
4	986.475383	-2,873.075673	739,000.000000	1,263,000.0000...	0.217854	0.443219	0.493866
5	2,662.916159	-1,099.838998	741,000.000000	1,265,000.0000...	0.079731	0.351862	0.360782
6	6,184.973092	-3,589.510998	745,000.000000	1,262,000.0000...	1.506839	-0.337021	1.544069
7	3,597.535871	-3,659.920070	742,000.000000	1,262,000.0000...	-0.548972	-0.195521	0.582751
8	3,642.785705	-5,344.504827	742,000.000000	1,260,000.0000...	-0.678112	0.965403	1.179767
9	6,230.303649	-5,314.753933	745,000.000000	1,260,000.0000...	0.434368	-0.093774	0.444375
10	8,776.941190	-3,521.023463	748,000.000000	1,262,000.0000...	-0.596538	0.571426	0.826066
11	8,819.427558	-5,744.844823	748,000.000000	1,260,000.0000...	0.430056	-0.923253	1.018501
12	3,607.210019	-7,108.263904	742,000.000000	1,250,000.0000...	0.417105	-0.417605	0.590206
13	8,864.435380	-6,971.338314	748,000.000000	1,258,000.0000...	-0.423221	0.156181	0.451120
14	6,275.944636	-7,040.410819	745,000.000000	1,258,000.0000...	-0.333598	-0.025210	0.354496
15	3,559.679550	-1,935.535216	742,000.000000	1,264,000.0000...	-0.268740	-1.024359	1.059024
16	8,732.746282	-1,795.979876	748,000.000000	1,264,000.0000...	-0.739388	0.878359	1.148133
17	6,116.821844	-1,001.669776	745,000.000000	1,265,000.0000...	0.058125	0.004891	0.058331
18	6,322.949246	-8,767.072790	745,000.000000	1,256,000.0000...	-0.033610	-0.290243	0.301125
19	1,055.507739	-5,453.142240	739,000.000000	1,260,000.0000...	-0.009512	-0.621043	0.621116

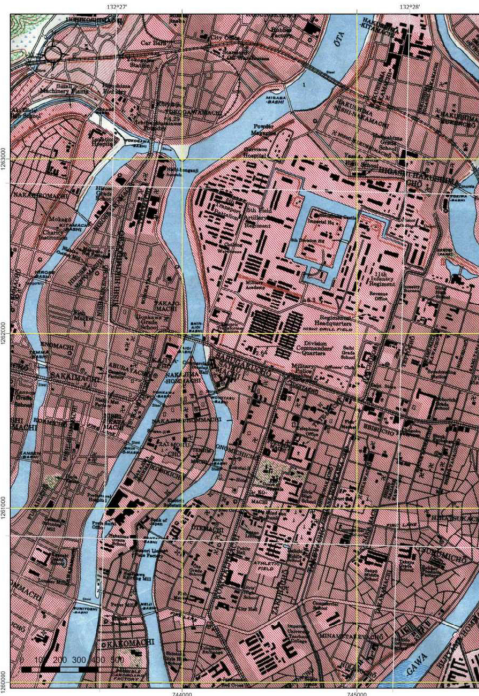


図 6-2-2

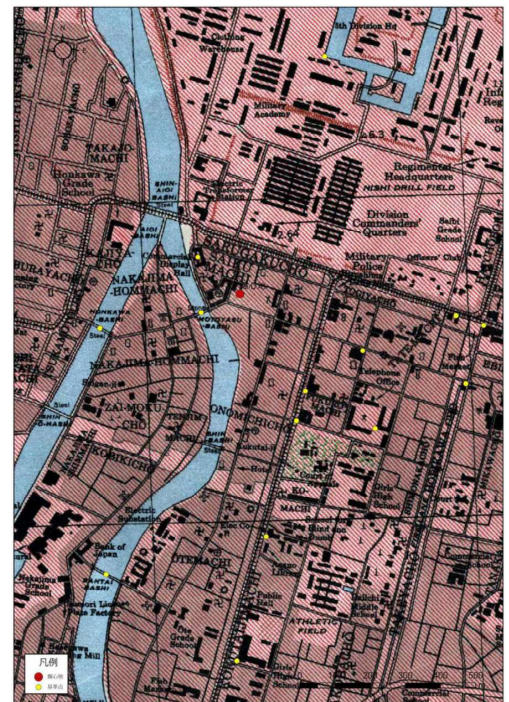


図 6-2-3

心地」のセクション最初の段落の最終箇所には、「現在放影研で使用している米国陸軍地図の版番は、広島が 138,499 (1946 年 6 月)、長崎が 138,353 (1945 年 8 月) であり、両地図ともグリッドの単位は 1,000 ヤード (914m) である」と記されているが、換算値としては、これも適切とは言えない。また、「Hubbell の調査」(p.282～) の p.286 の 7 行目で、「地図原点の X および Y のオフセットのみに関する 18 地点の最小二乗最適化に基づき Hubbell が提案した変換は以下の通りである。(式) 略 (3) M は 0.9144m/yard の単位換算、T は 0.0250164 ラジアン回転、G および H は地図原点のオフセットについて Hubbell により当てはめられた係数 (それぞれ 3.069 km と -4.201 km)。Hubbell が使用した方法により、ほぼ同じ変換が定義された。」と述べられているが、「0.9144m/yard」では「ほぼ」と表記するしかないほどの精度で適切と言えない「単位換算」値となる。

そして、上述する手順で「米国陸軍地図」をジオリファレンスしたラスター地図画像に、爆心地と 23 の「基準点」を表示したものをエクスポートした。そのそれぞれのポイントデータは、WPG の座標値で位置を確定しているの、前節で言う「ほぼ」と言う曖昧な形容詞は不要で、目視以上に正確な位置精度を有していると言える。このエクスポートしたラスター地図画像が、図 6-2-3 である。

iii. 「米国陸軍地図」の WPG の XY 座標と経緯度座標から判断できる地図精度

ii 節で指摘するとおり「米国陸軍地図」に定義される測地基準系は、「旧日本測地系 (東京測地系)」であるので、爆心地の WPG の座標値を変換した経緯度座標値は、GIS ソフトのツールを利用することにより導いた旧日本測地系で表した爆心地座標の座標値そのものである。その実際の経緯度座標値は、経度 132.45721486 度、緯度 34.39075471 度となる。ところが、その経緯度座標を旧日本測地系の平面直角座標系第 III 系の地図にそのまま読み込ませると図 6-3-1 に示される位置である「爆心地 (WPG)」となり、第 5 章で決定された爆心地の位置と比較すると約 65m ほど南の位置になる。

一方、「測地系、地理座標および地図座標系」(p.274～) のセクション最初の段落の前半部分で、「どの地図にも地球表面の全体的または平均的な形および面積に関する仮定条件 (すなわち、山に関連する高度差異を平均するなど) を定義する測地系と経緯度のような地理座標で座標系を十分に定義するその他の明細事項 (測量の角



図 6-3-1

度単位、本初子午線)がある」と述べられている。また同じセクションの p.275 最後の段落に、「地理情報システム (GIS) を用いて初期比較をするために、以下に詳細に示す国土地理院の式を用いて日本の広島の地図を東京測地系の地理座標 (経度および緯度) でジオリファレンスした。その後、米国陸軍地図を経緯度の印を用いてジオリファレンスした (すなわち、これらの経緯度を東京測地系用に規定したかのように扱った)。両方の地図で特徴点として記されている基準点に関しては、図3に示すようにおおよそ南北方向に約 65~70m ほどの一定かつ系統的な移動を含むように見える可変的不一致があった。この不一致の系統的部分は、主にこれら二つの地図を作成する際に使用された測地系に関する測地学的仮定の間差によるものであるらしい。」と、結論づけている。

結局、「おおよそ南北方向に約 65~70m ほどの一定かつ系統的な移動を含むように見える可変的不一致」となるのは、「測地系に関する測地学的仮定の間差によるもので」は無く、上述するとおり、爆心地の位置がおおよそ 65m ほど南にズレるという現象が起きていることから、むしろ、「米国陸軍地図」の位置精度が十分では無く、戦後に作成された日本国内の地図とは地物 (地理的特徴) の位置がズレているということではないかと判断される。つまり、爆心地周辺の地物の地図に記載されている位置が正しくないということである。もともと「米国陸軍地図」は、偵察用に撮影された航空写真や米軍が入手していた日本の 1930 年頃の発行の 1/2.5 万地形図などを元に作られたものなので、測量の誤差が普通に地図を作成するときよりも大きいものである可能性が高いと思われる。

iv. 本報告において「米国陸軍地図」に施したジオリファレンス

「米国陸軍地図」は広島地域を描いた地図であるが、当時の日本の地図で採用されている投影座標系が定義された地図ではない。「米国陸軍地図」に定義される測地系については、ii 節で記したとおり、旧日本測地系 (東京測地系) である。しかし、iii 節で指摘するように、「米国陸軍地図」の位置精度が十分でなく位置が不正確であるとすると、結局戦後の都市計画図との位置ズレを解消するには両者に共通に描かれている地物 (地理的特徴) の位置を手がかりにジオリファレンスするしかないことになりそうである。爆心地の位置は「米国陸軍地図」に基づいて導出されたものだとすると、その座標の精度は「米国陸軍地図」の地物の位置精度に準拠しているから、座標値を頼りにはできず、第5章で実施した都市計画図上で爆心地の位置を再計測するのが正攻法になりそうである。

したがって本報告でも、第5章と同様に地物を GCP に求めるジオリファレンスを行うことにした。ただし、その地物を「米国陸軍地図」に表示される三角点にする方法と第5章と同じように 23 の「基準点」にする方法の二つの方法で行った。三角点を GCP にしてみたのは、ジオリファレンスの過程にある正しい場所に位置あわせをする際の地図座標を、経緯度座標そのものの座標値にするためである。第5章で必要としていた「技術と判断力」を不要とし、誰が行っても同じ結果が出るジオリファレンスの手順であろうと判断した。ただし、ジオリファレンスを施すラスター地図画像は、ii 節の最後でエクスポートした爆心地と 23 の「基準点」を表示している。VII章で言及する爆心地等の座標値を求めるための手がかりを表示しておくためである。

まず、第5章の表3 (p.283) と表5 (p.284) にある「Summit el.237.4m NW of Yamatecho」と「Summit el.261.1m W of Hesaka-mura」は、現行の「高峠」、「茶磨山」の2つの三角点であることが、それぞれの「点の記」から確認された。そして、「米国陸軍地図」発行当時の座標値を1922年調製の「基準点成果表」^{*21}や、現在の座標値を国土地理院のWebサイトにある「基準点成果等閲覧サービス」でそれぞれ確認し、同一の場所にある三角点であることを確認した。さらに、「米国陸軍地図」を確認することで、6カ所の三角点が見つけた。この6カ所の三角点を「基準点成果等閲覧サービス」で確認して、1カ所は廃点になっているようで、5カ所の三角点があることがわかった。「点の記」を確認して、1カ所が現行で、4カ所は移転している三角点であった。国土地理院に照会をすることで、以下の6点の三角点がGCPにできると判断した。そして、現行の「柚木谷」と移転している4カ所の「大手」、「尾長」、「江波」、「長森」と廃点になっている「仁保島」の1930年当時の旧成果である「基準点成果表」の謄本^{*22}を交付申請して、合計6カ所の三角点の経緯度座標値を入手した。そして、先述する現行の2カ所の三角点を加えた8カ所の三角点は、図6-4-1に示すように配置されている。

上述する8カ所の三角点をGCPにして、「米国陸軍地図」を旧日本測地系の平面直角座標系第Ⅲ系に定義した。その「米国陸軍地図」と45%透過した1945

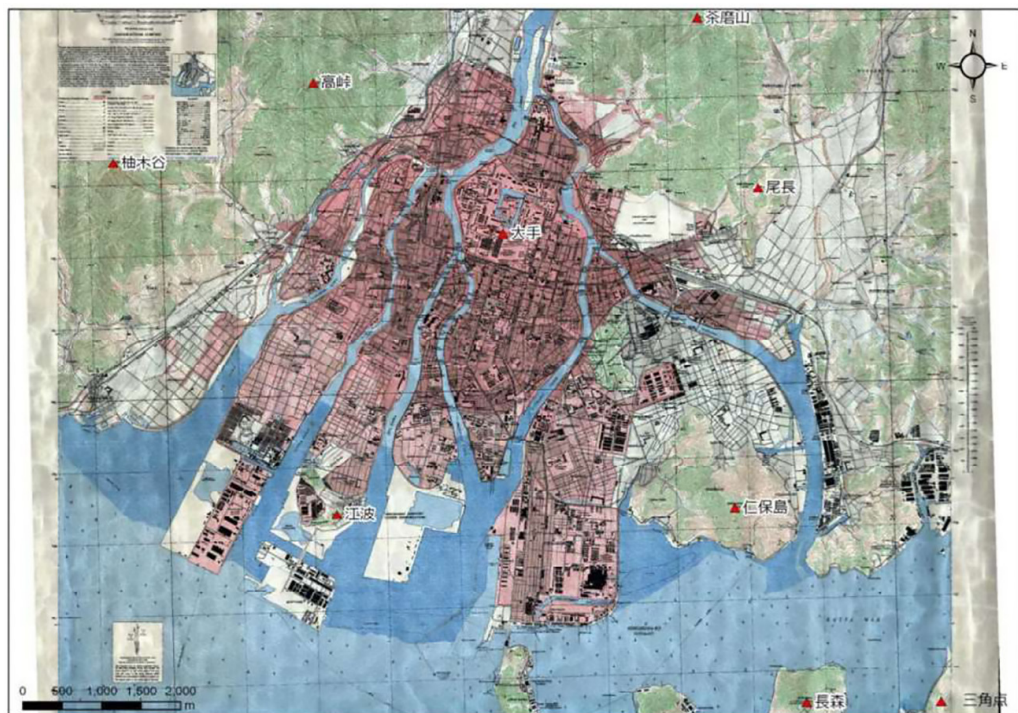


図6-4-1

*21 国土地理院が設置する電子基準点、三角点、水準点等といった各基準点の基準点コード、基準点の種別、基準点名、設置されている場所の緯度・経度・標高・XY座標値、座標系、縮尺係数等が記されている。

*22 国土地理院では、測量法第27条3項（測量成果の公表）及び測量法第28条（測量成果の公開）の規定に基づいて、旧版地図の謄抄本交付を行っていて、旧版地図のコピーが入手できる（国土地理院Webサイト参照）。

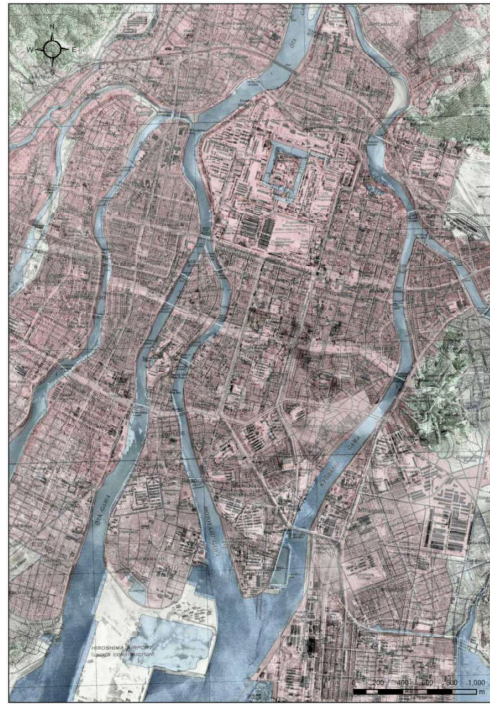


図 6-4-2

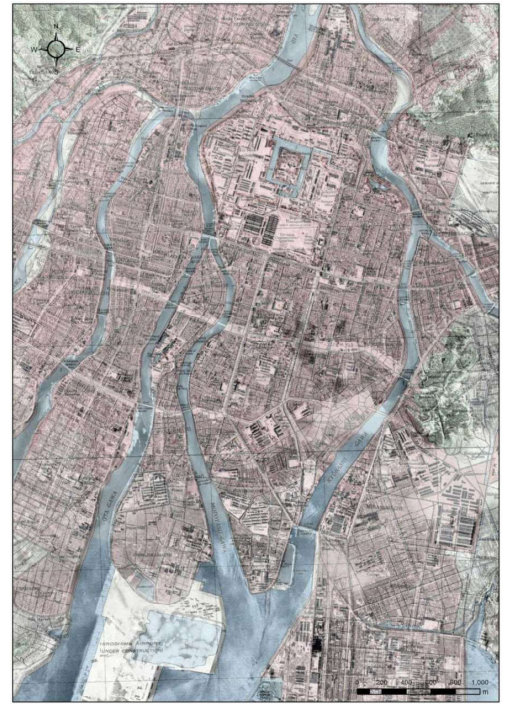


図 6-4-3

年7月25日撮影のオルソモザイク幾何補正済みモザイク画像を重ね合わせて示した画像を図6-4-2に示す。ただし、「基盤地図情報」は、旧日本測地系に変換し、さらに旧平面直角座標系に変換している。以下、「基盤地図情報」の処理は同じである。

一方、23の「基準点」をGCPにしてジオリファレンスは、リンクさせる空間参照情報は、1945年7月25日のオルソ幾何補正済みモザイク画像を採用している。第5章で採用された「新都市計画地図」にはしなかった。しかも、ジオリファレンスを施すラスター地図画像は、三角点をGCPにしてジオリファレンスしたときと同じように、爆心地と23の「基準点」を表示している。なるべく「技術と判断力」を必要とせずに済むようにしたかったからである。そして、23の「基準点」をGCPにして、「米国陸軍地図」を旧日本測地系の平面直角座標系第三系に定義した。その「米国陸軍地図」と45%透過した1945年7月25日撮影のオルソモザイク幾何補正済みモザイク画像を重ね合わせて示した画像を図6-4-3に示す。

図6-4-2と図6-4-3を比較すると、重ね合わせの一致具合は、23の「基準点」をGCPとした図6-4-3の方が良好と言える。したがって、「米国陸軍地図」のジオリファレンスの結果としては、23の「基準点」をGCPとした方を採用することにする。

v. 「米国陸軍地図」に対する本報告における評価

本報告におけるジオリファレンスの結果を評価するために図6-5-1を示す。「米国陸軍地図」と45%透過した1945年7月25日撮影のオルソモザイク幾何補正済みモザイク画像を重ね合わせて示したもの（図6-4-3）に、河岸部分の参考の為に国土地理院発行の「基盤地図情報」の「水涯線」を重ね合わせている。

重なり具合は、地図中央南部の吉島地区から南西部の舟入地区にかけての三角州西側と、中島町、堺町辺りの三角州西部の川岸に明瞭な不一致が確認できる。それ以外は、ほぼ一致しているとして問題が無いと言える程度に良好な一致具合である。特に、広島城址の堀や東部方面の三角州の一致具合は大変良好である。また、地物に注目すると太い1本の線で表示される道路の不一致が所々に確認できる。2本の線で表示される道路の一致具合は比較的良好である。ただし、広電の路面電車の路線は、橋部分と一部の広い道路で大きく一致しない箇所が各所に確認できる。

ただし、一番重要な爆心地付近は、第5章の「陸軍地図を日本の新都市計画地図にジオリファレンスする」(p.297～)のセクションのp.301の2行目にもあるように「一つの注目すべき例外は、爆心地に非常に近い島病院の西側に沿って走る元安橋の東端近くの交差点から北北東に走る細い道路である。この道路は米国陸軍地図上で約13m西側に寄っており、これは航空写真で確認されている。」と

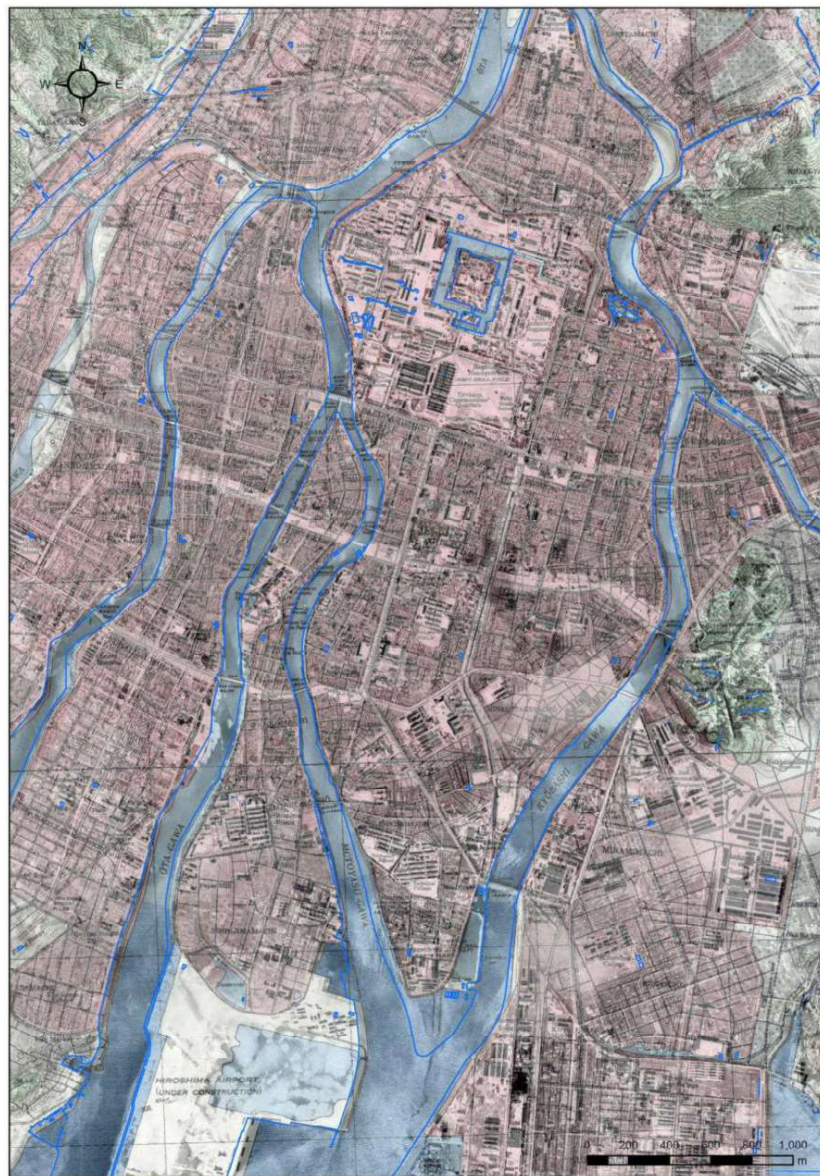


図 6-5-1

の指摘の通り（図 6-5-2）であり、爆心地特定に脆弱な要素を残している。図 6-5-2 は、「米国陸軍地図」と国土地理院発行の「基盤地図情報」の「道路縁」を重ね合わせている。

VII. 本報告で提案する爆心地

i. 本報告における爆心地を導く過程

VI章 ii 節で記す手順で、「米国陸軍地図」を多円錐図法の WPG でジオリファレンスしたラスター地図画像に爆心地と 23 の「基準点」を表示してラスター地図画像としてエクスポートした。そして、VI章 iv 節で記す手順で 23 の「基準点」を GCP にして、そのエクスポートした「米国陸軍地図」のラスター地図画像に旧日本測地系の平面直角座標系第三

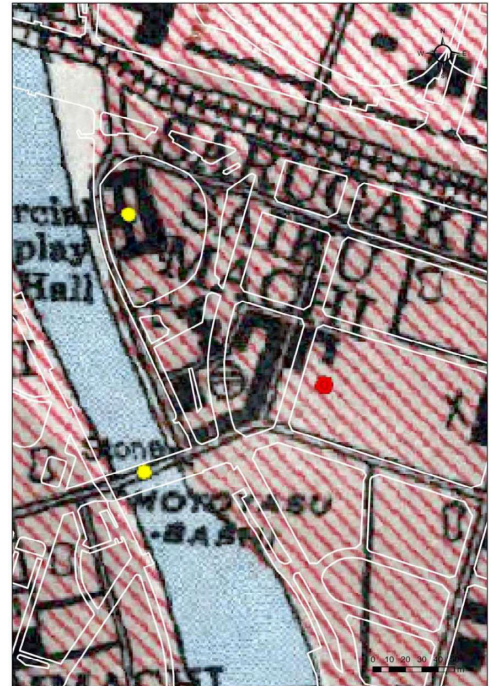


図 6-5-2

系を定義した。爆心地は、地図を読んで目視によって位置を特定するのではなく、WPG の座標値に基づく爆心地と 23 の「基準点」が示されたラスター地図画像のまま、旧日本測地系の平面直角座標系第三系に表示されていることになる。その示された爆心地（赤○）の位置にあらかじめ爆心地のポイントデータを設定することで、爆心地の座標値を出力するようにする。

ii. 爆心地の提案

i 節で記す手順で求めた本報告で提案する爆心地は、図 7-2-1 に示すように赤色の◎印である。一方、オレンジ色と黄色の十字印は、第 5 章で記される爆心地の位置である。2カ所あるのは、「新地図の爆心地位置への影響」（p.304～）の「広島」（p.305～）の 6～7 行目に記される「東京測地系と Bessel の楕円に基づく座標系」の経緯度座標で示される座標値（経度 132.457273 度、緯度 34.391361 度）に基づく位置と、その 8 行目「日本の新都市計画地図の地図グリッド系のキロメートル座標」と「結論」（p.327～）の p.329 の 3 番目の段落、2 行目に記される平面直角座標系第三系の XY 座標値で示される座標値（26.721, -178.395）km に基づく位置を示している。さらに、緑の十字印は図 11 で「以前の推定位置」とする爆心地（Hubbell）の位置である。なお、図 7-2-1 は、第 5 章の図 11（p.303）と図 12（p.303）と比較しやすいように「米国陸軍地図」と「新都市計画地図」（広島市平面図 O-8）を重ね合わせて示している。

本報告で提案する赤色の◎印で示される爆心地座標は、第 5 章の座標値と直接比較できるように、まず、旧日本測地系（東京測地系）に基づく座標値を記す。経緯度座標は、東経 132.45731637 度、北緯 34.3913504 度である。また、平面直角座標系第三系の XY 座標値で示すと、X=26722.0292m、Y=-178395.3025m である。さらに、現行の測地系である日本測地系 2011 の座標値を記す。経緯度座標は、



「この地図は、広島市長の承認を得て、広島市発行の1/2,500地形図を使用したものである。(承認番号 平30 広都計第236号)」

図 7-2-1

東経 132.454797056 度、北緯 34.394593542 度である。また、平面直角座標系第三系の XY 座標値で示すと、 $X=26492.5414\text{m}$ 、 $Y=-178055.1220\text{m}$ になる。ちなみに、本報告で提案する爆心地は、第 5 章の「結論」で示される (XY 座標で記される) 爆心地の 1.0725 m 東に位置している。

そして、図 7-2-2 は爆心地が現在のどこになるのか明瞭にするために、最近の地図情報として国土地理院発行「地理院地図」の「電子国土基本図 (オルソ画像) ; 空中写真・衛星画像 2004 年～ (簡易空中写真)」(図 7-2-2 のおける表示地域では 2011 年 1～2 月撮影) と「数値地図 2500 (空間データ基盤)」の「町名」と「数値地図 10000」の「行政」と「基盤地図情報」の「道路縁」と「建築物の外周縁」と「水涯線」を重ね合わせて示している。ただし、「地理院地図」、「数値地図 2500 (空間データ基盤)」は、旧日本測地系に変換し、さらに旧平面直角座標系に変換している。

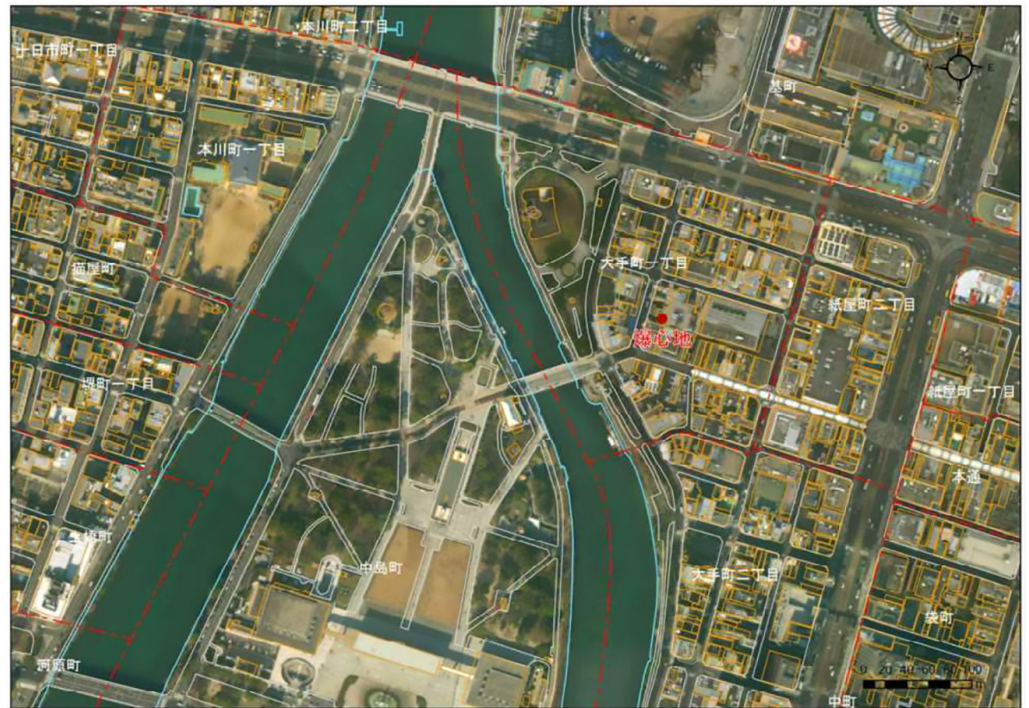


図 7-2-2

VIII. オルソ幾何補正済みモザイク画像の地理空間情報としての可能性

i. オルソ幾何補正済みモザイク画像活用の実際

現状は、1945年の原爆投下当時の正確な地理空間情報を知るには、精度の低い「米国陸軍地図」しかない。第5章でも、「米国陸軍地図には種々の地理的特徴の表示に幾分か不正確なところがある」、「この差は、爆心地近くの主要な地理的特徴の幾つかが米国陸軍地図上で約10~12m間違っって配置されたことによるものと思われる」、「米国陸軍地図と航空写真の相互比較は、米国陸軍地図上のこれらの地理的特徴の位置がわずかに誤って配置されていることを示唆する」、「もう一つの重要な問題は、縮尺全般とは関係ないが、影が測定された米国陸軍地図上における特定の地理的特徴の重大な誤配置が、結果として当該地図の中で爆心地を配置する際に誤差を生じさせたのかもしれないということであった」、「米国陸軍地図上の真の位置に対する陸軍地図上に表示された当該地域の位置の誤差である」などといった指摘を実際に見ることができるほどである。

さらに、最も正確に示される地理空間情報は、第5章において「放影研における地図調査において素晴らしいテンプレートを新たに提供した」とされる「新都市計画地図」では決してあり得る訳では無く、当時米軍によって撮影された空中写真であることは、もう異論を唱える余地はないと言って良いであろう。その空中写真を精度良く処理されたオルソ幾何補正済みモザイク画像が、今後最も高精度な地理空間情報になり得ると断言できる。したがって、その活用は必然となるであろう。第5章での記述内容は、従来の手動作業にとらわれすぎていて、表面的にGISを取り入れたに過ぎないと言える程度 of 取組に読めてしまうのである。

なお、実際にオルソ幾何補正済みモザイク画像を活用した取組は、既に竹崎嘉彦ら（2004）に、その萌芽を観ることができる。

ii. オルソ幾何補正済みモザイク画像活用に対する期待

本報告で、新しい爆心地座標の提案をしたが、従前の爆心地に関する研究は精度の低い「米国陸軍地図」に基づいているのが現状であり、「米国陸軍地図」に基づく爆心地座標の再計測は限界である。また、「新都市計画地図」のジオリファレンスによる結果からも、高精度の爆心地座標を期待するのは限界と言える。「原爆投下直前と直後に撮影された航空写真は、現在の調査にとって大変重要な補助的役割を果たしている」との記述があるが、「補助的役割」と言う程度の認識では十分とは言い難い。

「ジオリファレンス」(p.272～)のセクションのp.274の7行目で、「一つには、米国陸軍地図上の爆心地の位置は、地図上の様々な地理的特徴からの複雑な三角測量を用いて決定された。これは未変換の地図上で行われた。もし米国陸軍地図上でより高い次元の変換が行われると、変換はアフィンではなくなり、三角測量のジオメトリーが爆心地の変換位置に保存されるということが必ずしも正しいことではなくなってしまう。この重要な点については以下の「爆心地の位置に関連する幾何学的考慮点」と題する項でさらに検討する。現時点でこのようなより高い次元での変換により得られる変換版の米国陸軍地図上で爆心地の位置をまた決定し直すということは(すなわち、1969年のHubbellら、および1976年のKerrとSolomonによりまとめられた調査を再評価することは)、かなりの作業量を伴うために、現実的ではない。さらに、元々の作業において地理的目標点として使用された多くの地理的特徴が1979年までになくなってしまっており、そのためにより高い次元で変換した米国陸軍地図上におけるそれらの位置を直接新しい地図に対して照合することができないという事実から、このような試みはうまくいかないであろう。」と述べられている。

ところが、オルソ幾何補正済みモザイク画像を使うのであれば、この状況は、「現実的では無」く「試みはうまくいかない」ことでも無く、十分克服される課題なのである。したがって、「米国陸軍地図」よりも高精度のオルソ幾何補正済みモザイク画像と言う被爆当時の地理空間情報が入手可能な段階では、新しい研究で置き換え、より高精度の爆心地座標を求めることを検討すべきである。

おわりに

『DS02』の第5章では、本来1カ所であるはずの爆心地の座標値が2カ所示されている。元々、爆心地の座標の表示方式が違っていただけにしか過ぎないはずなのが、それぞれの表示方式で示す座標値は同じ位置を示していない。爆心地の座標値を、第5章の中ほどで一旦経緯度座標で示し、さらに平面直角座標系のXY座標値の換算値も示すものの、僅かの数値の違いとはいえ、違った位置の座標値を示している。これでは、二つの爆心地があることになってしまう。第5章は、地図を扱った報告でもある。そうでありながら、こう言った換算値を取り扱うときに、数値を間違えてしまうことは、本来あり得るはずがないことである。

第5章で行われたジオリファレンスの結果は、まさに「爆心地周辺における地図オーバーレイの二つの大変重要なイメージを示している」(p.306の2行目)のだが、そのラスター画像を重ね合わせた結果の地図である第5章の図11(p.303)

を見る限り、懸念される要素がいくつもあったのは、本報告に記述されている通りである。

第5章の筆頭執筆者は、生物統計学が専門なので数学に造詣が深いようである。それ故か、第5章の様式として、数式、数表、グラフが多用される。ところが、対象となる要素を検討するならば数表やグラフにしてみるよりも、地図にその実際を図示する方が課題や問題がすぐに明らかになると言える場合が多々ある。座標値の換算値の違いにしても、地図に表示しさえすればすぐ露見したような問題である。しかも、その数少ない地図の提示さえも、縮尺、方位等が無いなど地図としては不備なものに過ぎない。もっとも、投影座標系を定義した地図ではないので、縮尺表示は必ずしも適当ではない。この点からも、地図に対する理解が不十分であることと言えよう。ちなみに、第5章の他の4人の執筆者にも地図の研究者はいない。

第5章の「結論」に提案される広島原爆の爆心地の位置とその座標値は、世界基準とも言えるべきものであるはずである。ところが、本来1カ所であるべきはずの爆心地の座標値を提案したものにはなっていない。旧日本測地系の経緯度と平面直角座標系 XY 座標の2種類の座標値が与えられているが、そのいずれもが相互に食い違うという、報告書として非常に重要な点で全く信頼の置けないとんでもない記述がされていることになる。これでは、世界基準と言えるほどの評価に値するものとするのには、到底納得できるものではない。一方本報告では、VII章において、位置の違いがわずかながらとはいえ1点の爆心地座標をあらためて提案することができた。爆心地の位置とその座標値についての問題を、資料調査研究会の会員が指摘することができるのは、十分意義あることであろう。さらに、現行の日本の地図に採用される投影座標系の座標による爆心地座標の座標値が提案できることは、ますます重要になるであろう。

Hubbellら(1969)によって提案された爆心地座標の座標値の表示に使われるWPGに基づく1946年発行の「米国陸軍地図」よりも、現在の高精度の被爆当時の地理空間情報が入手可能な段階になっているので、新しい研究で置き換えることに拠って三角測量の再評価を行い、より高精度の爆心地座標を求める状況にあると考えるべきである。

追記

2003年の『DS02』発表の後、2017年に「DS02R1：原爆被爆者の入力データと2002年線量推定方式(DS02)の実装の改善およびそれによる線量推定値の変更」と題する論文が、Health Physics誌に掲載された。

その「調査の目的」では、「被爆者の線量推定の基となる被爆位置を示す地図上の座標に、長い年月の間に複数の誤りが発生し、これを修正する必要があることは、2010年頃から放影研疫学部の研究員や職員の目に明らかとなってきた」としている。まず、「被爆位置を示す地図上の座標」としているが、地図上の位置が間違っていたのか、「被爆位置」を表す座標に間違いがあったのか、はたまた、その位置を示す座標を反映した地図の補正に間違いがあったのかどうかの読み取りにくい。ただし、いずれにしても、その間違いの有無以前に、第5章では、そこまでの被爆距離を推定するための起点であるべき爆心地座標に問題があるのを、本報告で指摘して

いるのは、既に詳述したとおりである。さらに、「正確な測地系を使用」するのは地図作業において必要最低限であり、第5章で使用された「測地系」も、以前日本で使用されていた「旧日本測地系」であったようであるが、その「測地系」の利用に間違いがあったわけではない。万が一「正確」でなかったとすれば、第5章はなんら評価されるものではなくてしまうことになる。しかも、以前の「測地系」から「新しい測地系」に使用するのを替えるだけでは、位置精度そのものが変わることにはあり得ない。もっとも、「新しい測地系」が使用される頃には高精度な地図が作製されるといった要因はあるだろう。一方、新旧の地図を比較する時に、新しい地図の方が精度がより高くなっているということがあるのは確かであるものの、それは、新しい測量技術によるものであり、測地系の違いによるわけでは無い。

また、「調査の方法」として、「両市の原爆投下前の航空写真を幾何学的に補正するために特別な技術を使用してモザイク写真を作成した。モザイク写真は、元の地図に記されていた目印となる建物や自然の目標物の位置を空間的に高い忠実度で示す写真地図として機能する」としている。高精度な「正射投影モザイク画像」（後述）を活用することこそが、「空間的に高い忠実度で示す写真地図として機能」することが期待されるのは、本報告の最終章で指摘したとおりである。また、「これら「正射投影モザイク画像」を地理情報システム（GIS）ソフトウェアと共に使い、1）遮蔽歴記録のある被爆者の近隣図の位置を確認し、2）被爆者の座標が元々特定された戦時中の米国陸軍地図に「ゴムシートが変形するような」数学的な変換を実施して、それらを正射投影モザイク画像に重ね合わせた」としている。ここには、重大な齟齬が生じている。1）と2）の過程、とくに2）の過程に問題が無いとしても、第5章でも使われた「米軍陸軍地図」の「変換を実施」したとするなら、第5章で決定した「爆心地座標」が移動した可能性がある。それにもかかわらず、要旨による限りでは、重要な問題である爆心地座標について、なんら言及されていない。本報告で第5章と違う爆心地を提案しているのは、本報告でも違った変換が実施された上での結果なのだから、『DS02R1』においても同様に、違った位置になるのは自明であろう。

謝辞

元国土交通省国土地理院の政春尋志先生には、「米国陸軍地図」に使用されている投影法に関連する貴重な助言および提案をいただきました。また、GISソフトの ArcGIS Desktop（ArcGIS Pro、ArcMap）のベンダーである ESRI ジャパン株式会社のサポートの方々には、当ソフトの適宜の設定、手順に対する数多くの質問に対して、逐一の詳細な情報を提供いただきました。以上の皆様に深く感謝し厚くお礼申し上げます。

参考文献

- Cullings, Harry M. 藤田正一郎 星正治 Egbert, Stephern D. Kerr, George D
2006. 第5章「地図と航空写真の整合と照合」『広島および長崎における原子爆
弾放射線被曝線量の再評価 線量評価システム 2002 DS02』上巻 放射線影響
研究所 pp.270~342
- Cullings, Harry M. Fujita Shoichiro Hoshi Masaharu Egbert, Stephern D.

- Kerr, George D 2006. Chapter 5 「ALIGNMENT AND REFERENCING OF MAPS AND AERIAL PHOTOGRAPHS」『Reassessment of the Atomic Bomb Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki Dosimetry System 2002 DS02』 Volume 1 The Radiation Effects Research Foundation pp.261～333
- 「現代測量学」出版委員会編 1991.『現代測量学 別巻1 実用地図学』日本測量協会 540p.
- 広島平和記念資料館編 1999.『図録ヒロシマを世界に』広島平和記念資料館 127p.
- 広島市・長崎市原爆災害誌編集委員会編 1979.『広島・長崎の原爆災害』岩波書店 522p.
- Hubbell, Harry H. Jones, Troyce D. Cheka, Joseph S. 1969. 「THE EPICENTERS OF THE ATOMIC BOMBS 2. REEVALUATION OF ALL AVAILABLE PHYSICAL DATA WITH RECOMMENDED VALUES：原子爆弾の炸裂 2. 入手した全物理学的資料の再評価および提案数値」ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION 原爆傷害調査委員会 TECHNICAL REPORT 業績報告書 3-69, 75p.
- Kerr, George D Robert Young, Robert W. Cullings, Harry, M. Christy, Robert F 2006. 第1章「爆発パラメータ」『広島および長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価 線量評価システム 2002 DS02』上巻 放射線影響研究所 pp.48～66
- Kerr, George D Robert Young, Robert W. Cullings, Harry, M. Christy, Robert F 2006. Chapter 1 「BOMB PARAMETERS」『Reassessment of the Atomic Bomb Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki Dosimetry System 2002 DS02』 Volume 1 The Radiation Effects Research Foundation pp.42～61
- 政春尋志 2011.『地図投影法－地理空間情報の技法』朝倉書店 212p.
- Snyder, John Parr 1987. 「18. POLYCONIC PROJECTION」『Map Projections – A Working Manual (U.S.GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 1395)』 UNITED STATES GOVERNMENT OFFICE pp.124～137
- 測量・地図百年史編集委員会 1970.『測量・地図百年史』日本測量協会 673p.
- 竹崎嘉彦 2000.『広島原爆被害のGIS化』広島大学大学院文学研究科地理学修士論文
- 竹崎嘉彦 吉田成人 池内実 末永昌美 早川式彦 2004.「広島原爆被爆者における放射線被曝線量推定の検討－第1報：被爆距離の再測定」広島医学 57(4) pp.365～367
- 飛田幹男 2002.『世界測地系と座標変換』日本測量協会 174p.

