

## 連載

## 恒星天文学の源流【5】

## 恒星分光の開幕期 その5

小暮智一（元京都大学）

## 6. Lewis Morris Rutherford (1816 - 1892)

## 6.1 生い立ちからアマチュア天文家へ

1856年の秋、ニューヨーク郊外のRutherford家では庭先に新しい天文台が完成した。

Rutherfordはニューヨーク在住の、弁護士から転身したアマチュア天文家である。優れた工学的センスをもち天文では写真観測と分光観測などで、ヨーロッパにおけるWilliam Hugginsに似た役割をアメリカで果している。彼の生涯と仕事は同時代人で深い親交のあったJohn K. Rees (1906)とBenjamin A. Gould (1895)の追悼回想録によってその足跡を辿ることができる[96][97]。Reesはコロンビア大学天文台長（位置天文学）で、この天文台ではRutherfordの撮影した星野写真の解析に大きく取り組んでおり、Rutherfordとは深い関係にある。一方、Gouldはアメリカ沿岸調査所所長の後、アルゼンチンのCordoba天文台長となり、Rutherfordの望遠鏡を用いて南天の恒星目録の作成に貢献した。彼は1849年にAstronomical Journal誌を創刊したが、1861年、南北戦争によって休刊を余儀なくされ、しかもCordobaでの勤務が長かったために復刊したのは1885年にアメリカに帰国した後（Vol. 7, 1888）という経歴もある。Gouldはまた銀河系の大規模構造でグールドベルトの発見でも知られている。Gould, Reesの論文にはしばしばRutherfordの業績が引用されているが、それは主に星の写真観測の成果についてである。Rutherford論文はAmerican Journal of Science and Arts誌に掲載されたのでADSなどでアクセスできないが、その生涯や業績は上記2人の

回想録と論文によって辿ることができる。

Rutherfordは1816年11月25日、ニューヨーク州のMorrisania（現在はニューヨーク市の一部）で生まれ、アメリカ名門の血を引き継いでいる。父はRobert Walter Rutherfordといい、祖父のJohn Rutherfordは1791-1798年に合衆国上院議員を務めた。母はSabina Elliot Morrisでその祖父のLewis Morrisは合衆国の独立宣言（1776）に署名した一人である。Rutherfordはその名を母方の曾祖父から貰ってLewis Morrisと名づけられた。

1831年15才でウイリヤム・カレッジに入学、法律専攻であったが、物理実験に興味をもち、物理の授業では実験装置の製作を手伝っていたという経歴もある。18才で卒業すると2年間、法律実務の研修を行った後、ニューヨークの法律事務所で弁護士として働くようになる。しかし、その余暇は化学実験と天文観測に過ごしていたという。

1841年、マーガレット・チャンラー(Margaret S. Chanler)と結婚する。彼女も名門の出で、生涯のよき伴侶となる。結婚後はさらに天文への志向を強め、1849年、ついに弁護士を廃業して天体観測に専念することになるが、それにはマーガレット夫人の物心両面からの支えが大きな力になっていた。しかし、このころマーガレットの健康が優れず、医師から転地を勧められていたので、2人は彼女の療養をかねてヨーロッパへと渡る。そして数年間、フランス、ドイツ、イタリアを訪ねるがイタリア滞在中はフィレンツェの物理学および自然史博物館のGiovanni Batista Amici(次号、第7節参照)のもとで色消しレ

ンズの製作など光学技術の習得にあたっている。

帰国後、口径 11 インチ (28.5 cm) 屈折望遠鏡と子午儀を製作し、家の庭に天文台建設を計画する。この屈折望遠鏡は彼の指導の下に Henry Fitz によって製作されたのでフィッツ望遠鏡と呼ばれている。しかし、彼が最初に取り組んだのは子午儀による経度観測であった。彼の技術力を活かして製作された子午儀は測定精度が卓越していたため、アメリカ沿岸調査所 (Coastal Survey) から注目された。また、それが契機となって所長の Gould と知己になり、生涯の交友が始まる。

こうして 1856 年秋に Rutherford 邸の庭に新しい天文台が完成する。この天文台の子午館はまもなくアメリカ沿岸調査所経度測定基地局の 1 つに指定されて、アメリカの経度観測に大きく貢献する。この頃、沿岸調査所はヨーロッパとアメリカを初めて無線通信でつないで経度測定精度を飛躍的に向上させたことでも知られている。しかし、Rutherford は経度観測が順調に進むのを確かめた後、観測は基地局の人に任せ、1858 年からは次の仕事として天体写真術の改良に取り組む。その年の 6 月、フィッツ望遠鏡に取り付けた写真儀によって満月の撮影に成功し世間の話題になった。それは月面輝度の濃淡を補正するグラデーシヨンの方法を創案したためといわれている。この写真は世間的には Rutherford の代表的な仕事になっている。また、1860 年、カナダ北辺のラブラドルで皆既日食があったとき、Secchi (1852)[64]と同じように太陽と月の同時写真撮影を行い、月の縁がシャープな境界を作るのに対し、太陽像では縁がぼけており、両天体の構成の違いを明確に示した。まだ湿式乾板ではあったが、この頃から次第に鮮明な画像が得られるようになった。

1861 年にはカセグレン反射望遠鏡 (口径

13 インチ (33 cm)、焦点距離 240 cm) の試作に取り組んでいる。これもフィッツによって製作されたものであるが、メッキ技術がまだ十分でなかった上、ニューヨーク市内の塵埃などにより、10 日ごとメッキを繰り返さなければならないといった状況になったので、彼は試作をわずか 3 ヶ月であきらめている。

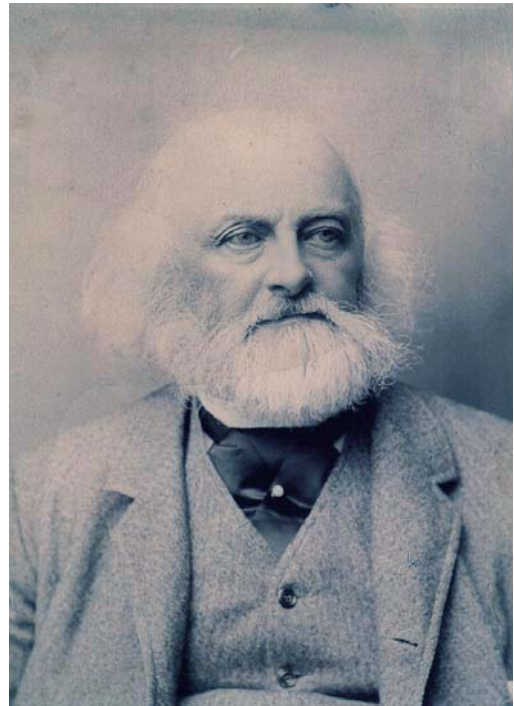


図 19 Rutherford 肖像

(Web: Smithsonian Institution Libraries Digital Collection より転載)

## 6.2 恒星分光観測

Rutherford の恒星分光への関心は 1861 年の 12 月に友人の Dr. W. B. Gibbs との会話に始まる。このとき Gibbs は Fraunhofer が半世紀近く前に太陽スペクトル中に多数の暗線を発見したことを紹介し、彼に星についてその仕事の続きをやって見ないかと薦めた。このとき Rutherford は Fraunhofer の発見についてはまだ知らなかったが、その話に大きな興味を持ち、早速、分光器の製作に取り

表5 Rutherford の分光分類[97]

グループ	スペクトルと色	代表的な星
1	太陽に似た多数の吸収線とバンドを示す。色は赤または黄金色。	Capella, $\beta$ Gem, $\alpha$ Ori, $\gamma$ Leo, $\beta$ Peg, Arcturus
2	太陽と異なった多数の線スペクトルを示す。白色星	Sirius
3	線スペクトルを示さない白色星	$\alpha$ Vir, Rigel

かかった。この分光器の特色は最初から写真観測を意図していた点にある。分光器はフィッツ望遠鏡の接眼部に取り付けられ、円筒レンズで幅付けされた鮮明なスペクトルが得られた。

こうして 1862 年にいよいよ分光観測を開始し、その第 1 報は翌年 1 月に *Amer. J. Sci. Arts* 誌に掲載された[98]。こうしてアメリカにおいても同じ 1863 年にヨーロッパとは独立に恒星分光の時代が始まった。この年に彼は 3 つの論文を公刊している。

この第 1 論文は Gibbs との会話からはじまる分光観測への動機と、それに必要なプリズム分光器の製作実験についての記述の後、観測結果を述べている。観測は太陽、月、木星、火星のほか 17 個の恒星を含んでいる。このうち、木星スペクトルについては赤外寄りに数本の未知のバンドを検出したが、これらは 1932 年になってメタン ( $\text{CH}_4$ )、アンモニア ( $\text{NH}_3$ ) と同定されたものである。このため、Rutherford はいまでも木星分光のパイオニアとも呼ばれている[99]。

恒星のスペクトルを始めて見たとき、その多様性に大きな印象を受け、

「星のスペクトルは大きなバラエティを示すのでそれを分類するのは困難である。今のところ、私は星を太陽、シリウス、スピカという 3 つのグループに分けておきた

い。」

と述べて表 5 のように 3 グループに分類した。

現代的に見るとグループ 1 は晩期型星、グループ 2 は A 型でバルマー線の強い星、グループ 3 はバルマー線の弱い早期 B 型星か、または、吸収線の細い超巨星を指している。Rutherford が線スペクトルを示さないと述べたのは分光器の分散がまだ十分でなかったためである。この論文の中で彼は

「一つの考えが私を捉えて話さない。これまでは、ある星と他の星との違いは明るさにあるとされてきたが、星々は実はそれぞれの元素組成でも異なっているのだ。しかし、そうすると原始星雲の均一性に基づいた星雲仮説はどうなるだろうか？」

と Huggins と同じような疑問を呈した後、これまでの経験を活かして分光器をさらに改良して星の観測に挑み、星のスペクトルと、色、等級、変光、連星などの関連に取り組みたいと意欲を燃やしている。彼はすぐに分光器の改良に乗り出し、それは 4 ヶ月後に第 2 論文として結実している。

第 2 論文では分光器の操作性を改良し、また、プリズムを通して比較用ランプの光が星と同時に視野に入るようにして波長測定精度を上げ、Arcturus のスペクトルを解析している[100]。そのスペクトル中に Fraunhofer 線の D, E, b, G を検出し、その他の線も太陽ス

ペクトルと対応することを見出している。第1論文とあわせ、彼はますます星によって化学組成が異なると考えるようになった。

続いて同じ年に掲載された第3論文では自らの分光器の性能をヨーロッパグループの分光器と比較して、光学系の観点から利点、欠点を論じている[101]。それによれば自ら製作した分光器では Kirchhoff の太陽スペクトルマップと比較し、太陽 D 線 (波長  $\sim 5890 \text{ \AA}$ ) が9本の成分に分かれると主張した。しかも、そのうち5本は地球大気起源であることを示して、分光器の優れた性能を誇示している。Rutherford にはかなりヨーロッパに対するライバル意識が見えているが、これについてヨーロッパからは何の反応もなかった。

### 6.3 その後の活動

それ以後も Rutherford は望遠鏡製作、分光器と写真技術の改良など主として機器開発に意欲を注いでいる。

1864年には6個のプリズムをもつ分光器を製作した。彼はその高い分解能によって、Bunsen and Kirchhoffの作成した太陽スペクトルマップに比較して3倍もの多数の吸収線を検出したと報告しているが、元素同定までは行っていない[102]。彼の興味は機械製作の技術的側面に集中しており、彼の恒星分光が長く続かなかつたのもそこに原因があるであろう。

1865年には口径 11.25 インチ (28 cm) 焦点距離 15 フィート (4.5 m) の屈折望遠鏡を製作した[103]。この望遠鏡とその観測については Gould (1867, 1878)に詳しい記述があるので、それによってその特徴を紹介して見よう[104][105]。

1) 対物レンズは色消しになっているが、従来と異なる点は色消しが眼視でなく、写真感度に合わせたというところにある。色消し条

件を探るために Rutherford はスペクトルによる波長分解実験を繰り返して最適値を求めたという。従ってこの望遠鏡は写真儀であつて眼視用としては使用できなかった。

2) 望遠鏡は  $9 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$  の乾板にほぼ1平方度の視野を持ち、写真は湿式であつたが当時としてはもっとも鮮明な写真像を得ている。プレアデス、プレセペ星団に対し、4分の露出で 8.5等星までの微光星の検出に成功している[104]。

3) 望遠鏡と平行して製作された写真乾板用のマイクロメータを用いると星の位置が秒角単位で測定され、星の固有運動や視差の測定に応用された。

実際、Gould はプレアデス星団の写真乾板の位置測定を行って 1840年の Bessel の測定と比較し、1866年までの26年間の移動から Alcyone の固有運動として年率 赤経  $+0''.015$ 、赤緯  $-0''.048$  の結果を得ている。他の星についても同様の測定を行い、プレアデス星団のメンバー星がそれぞれ異なった運動を示し、「この星団が単一の系統的運動を示すものでない」と結論している。



図 20 Gould の肖像  
(Wikipedia, B. G. Gould より転載)

表6 Rutherford によって撮影された天体と写真ネガ数[96]

天体	ネガ枚数	観測期間
太陽撮像	175 枚	1860 - 1874 年
太陽スペクトル	174	1860 - 1874
月	435	1858 - 1877
恒星	664	1858 - 1877

Rutherford の写真技術については、後になって Rees (1892)もこの時期を回顧し、1860 - 70年代としては最も優れた写真であったと高く評価している[106]。この 11 インチ望遠鏡は 1870 年に Gould によってアルゼンチンに移設されることになったが、輸送の途中で対物レンズが真ん中から2つに割れてしまうというハプニングもあった。やがて、新しいレンズが到着し、1871年にアルゼンチンの中央高地にラテンアメリカでは最初の天文台として Cordoba 天文台が開設された。アルゼンチンのときの大統領 Domingo F. Samiento は祝辞の中で「もし、私が基礎科学の発展を支持しなければ、文明諸国の仲間入りという理念を放棄したことになる」と述べてラテン国家の意気込みを表明している。こうして Gould が初代台長に任命される。

この天文台では Rutherford の望遠鏡によって南天の観測が進められ、1879年には7万個の星を含む Uranometria Argentina を公刊している[107]。また、このサーベイ観測の中でGould は明るいB型星が銀河面と約 20°の傾きで帯状に分布することを発見した。これは現在、Gould Belt と呼ばれる。Uranometria は後に拡張され、一般星表 Cordoba Durchmustring (CoD, 1892 - 1900) として順次公刊される。

1868年には Henry Fitz との共同で 13 インチ屈折鏡が製作され、Rutherford 邸の天文

台に設置されたが、Rutherford はこの望遠鏡によって写真観測に専念する。この望遠鏡は対物レンズの外側に 13 インチの補正レンズがフォーカルレジュラーとして取り付けられるようになっており、それによって焦点距離が 15 フィートから 13 フィートへ短縮され惑星および星野の写真観測に威力を発揮する。

しかし、1880年代初期から彼は次第に健康を害するようになったこと、および、ニューヨーク市街の拡大に伴う光害のため観測が次第に困難になったことなどの理由で、1883年にはこの望遠鏡と撮影された写真ネガのすべてがニューヨークのコロンビア大学天文台に寄贈された。このときの写真ネガ枚数は表6のように 1456枚に達している[96]。

Rutherford は表6のように種々の天体の写真撮影を行っているが、そのうち、恒星については分光写真が含まれているかどうかは明らかでない。星野写真に対してはコロンビア大学天文台で広範な解析が進められた。中心になったのは H. Jacobi と H. S. Davis である。2人は Rutherford の息子 Rutherford Stuyvesantの協力によって主として視差を中心として測定を進め、多数の論文を公表している。Rees (1897)のレビュー[108]からその一部の表題をあげると、

□プレアデス星団の Rutherford 写真の測定 (メンバー星の固有運動の研究、Jacob)

- $\beta$  Cyg 周辺星野の Rutherford 写真の測定 (Jacob)
  - Rutherford 写真の測定による  $\mu$  および  $\theta$  Cassiopeia の視差について (Jacob)
  - Rutherford 写真の測定による  $\eta$  Cas の視差について (Davis)
  - Rutherford 写真の測定による 61 Cyg および Bradley 3077 の視差 (Davis)
- そのほかである。

これらはコロンビア大学天文台紀要に掲載されている。こうして、まだ湿式乾板の時代であったが、Rutherford-Fitz 望遠鏡は恒星天文学の発展に大きく寄与している。

Rutherford は 1870 年代以後、恒星分光には取り組んでいないが、一方ではグレーティングの開発に大きな力を注いでいる。スペクトル線の波長測定にグレーティングを用いたのは Fraunhofer が最初であったが Rutherford もその重要性を認識していた。グレーティング分光の利点はスペクトル線の位置が波長に比例し波長測定に適しているからである。

Rutherford が星の分光を始めた頃、最良のグレーティングはドイツの Friedrich Nobert が 1850 年代に製作した顕微鏡用の小型グレーティングであった。これは溝数  $296 \text{ mm}^{-1}$  というものであったが、その製法は企業秘密となっていた。Rutherford はそのため第 1 歩からその製作に取り組んだ。透過型グレーティングとして、ガラスに溝を刻むルーリングマシンとして彼が考案したのは、モーターによるスクリー駆動と、カッターとしてダイヤモンドヘッドの使用とである。1867 年に 1 号機が製作され、太陽と星の分光に使用されたが、グレーティング製作にはスクリーの安定性やダイヤモンドヘッドの形状、それに温度制御などに大きな問題が残っていた。友人の教授 Rood の協力によってこれらの改善に

乗り出し、1875 年になってようやく満足できる透過型グレーティングの製作に成功する。これは  $16.4 \text{ mm} \times 24.5 \text{ mm}$  の面上に  $680 \text{ mm}^{-1}$  の溝数を持ち、Nobert のグレーティングを遥かにしのぐのもであった。1877 年には金属面上に反射型グレーティングも製作している。こうして Rutherford はグレーティングの開発で知られており、Henry Draper も彼のグレーティングで太陽の分光観測を行っているが [109]、彼自身はなぜかグレーティングによる恒星分光観測を行った記録はない。

Rutherford は 1858 年から 1884 年まで、コロンビア大学の評議員を務めており、天文測地学教室の設立に寄与し、また、アメリカ科学アカデミーには設立委員会の時期から参加している。こうして精力的にすすめられた彼の仕事はその後、アメリカにおいては Henry Draper に引き継がれ、さらに分光観測は E. Pickering による Harvard 分光分類へと発展していく。晩年の Rutherford は次第に健康を損ねて、しばしばフロリダや南ヨーロッパなどへの転地療養を続けていたが、最後は 1892 年 5 月、眠るようにして 76 歳の生涯を閉じた。Gould は Rutherford との 30 年の交友を回顧し、彼のことを次のように讃えている。

「Rutherford は物柔らかで気前がよく、人には親切で異なった意見にも寛容であった。彼には内気さと遠慮深さが、機器開発における大胆さ、辛抱強さと同時に備わっており、その気質は研究者仲間でも温かく迎えられ、大きな科学的刺激の源泉にもなった。いずれの点から言っても彼はすぐれた紳士であった。」

#### 6.4 19 世紀の屈折望遠鏡の建設状況

ここで本題からそれるが、1898 年の The Observatory 誌 (Vo. 21, 239)に 19 世紀における大型屈折望遠鏡(12 インチ以上) のリストが示されているのでそれを眺めて見よう。1830年代から 1898年までに建設された望遠鏡総数は 124 台に達し、そのサイズ分布は表 7 のようになっている(15-19インチで +1 となっているのはこのリストに Rutherford の望遠鏡が欠落しているためである。これは Rees によって指摘された)。次に、リストには製作年代不明が多いが、知られている分について大型屈折望遠鏡の製作年代と口径の分布を図 21 に示す。この図から大型屈折鏡の製作が 1880 年代から急速に増大する様子がうかがわれる。とくに、20 インチを越す大型屈折鏡は 1880 年代になって初めて建設され

表 7 1898 年までに建設された屈折望遠鏡サイズ分布 (The Obs. 21, 239, 1898)

口径(インチ)	望遠鏡数
40	1
30 - 39	6
20 - 29	19
15 - 19	36 + 1
12 - 14	61
合計	124

る。20 世紀に入ると反射望遠鏡の時代となるので、恐らく 1880-90 年代が大型屈折鏡建設の全盛期だったであろう。

屈折望遠鏡の製作年代と口径(インチ)

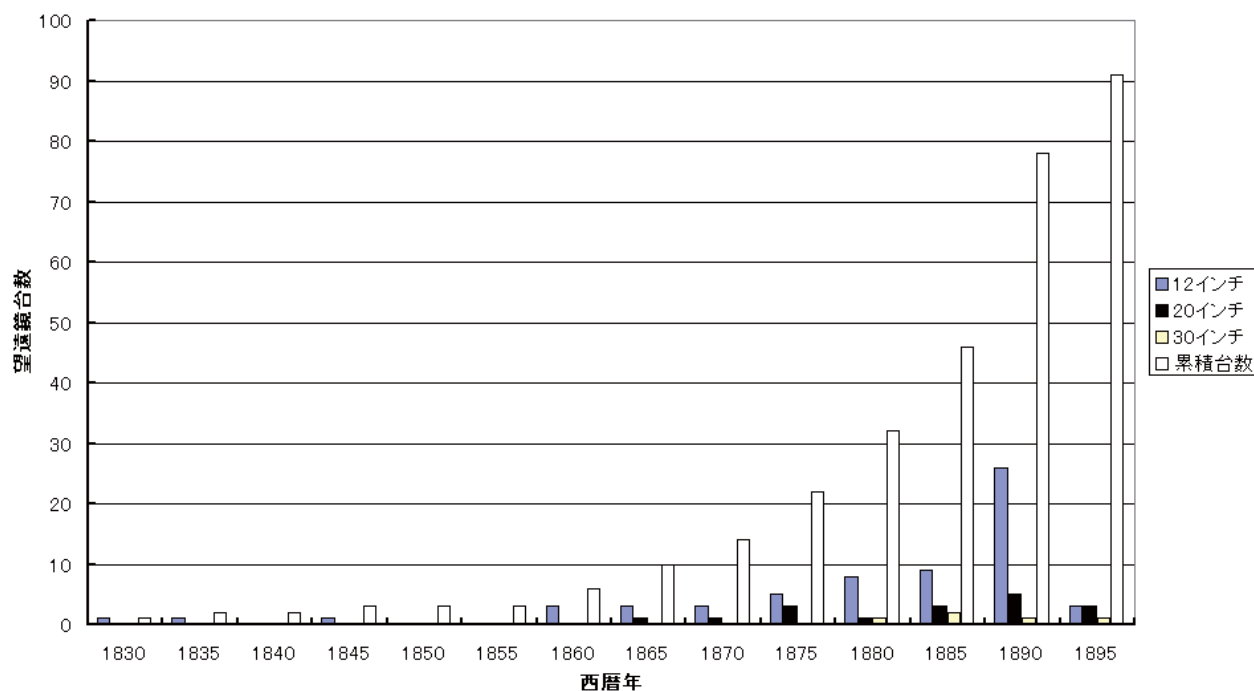


図 21 屈折望遠鏡の製作年代と口径(インチ) 製作年代は横軸の年から始まる 5 年間をまとめる。口径は 12 - 20, 20 - 29, 30 - 40 インチの 3 種に分けて示し、合わせて累積台数を示す。

(The Obs., 21より作成)

## 文献

- [64] (再掲) Secchi, A. 1852, AN, **33**, 139-141,  
Schreiben des Herrn Secchi der Sternwarte  
Collegio Romano an den Herausgeber.  
(初期の日食写真観測に関する台長報告)
- [96] Rees, John K. 1906, Contributions  
from the Obs. of Columbia Univ., No. 1.  
The Rutherford Photographic Measures,  
No.1. Lewis Morris Rutherford, pp.1 – 15.  
(伝記)  
<http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1906CoRut...1.....5R>
- [97] Gould, B. A. 1895, Memoir of Lewis  
Morris Rutherford, 1816 – 1892, Report  
for National Academy, pp. 415 – 441.  
(伝記)
- [98] Rutherford, L. M., 1863, Amer. J. Sci.  
& Arts, 35, 71, Astronomical observations  
with the spectroscope. (第1論文)
- [99] Taylor, F. W. et al. 2004, in Jupiter:  
The planet, satellites and magnetosphere,  
Bagenal, F. et al. (eds.), Cambridge Univ.  
Press, p. 59 – 78, The composition of the  
atmosphere of Jupiter. (木星分光)
- [100] Rutherford, L. M. 1863, Amer. J. of  
Sci. and Arts, 35, March, 407,  
Astronomical observations with the  
spectroscope. II. (第2論文)
- [101] Rutherford, L. M. 1863, Amer. J. of  
Sci. and Arts, 36, June, 154, Observations  
on stellar spectra. (第3論文)
- [102] Rutherford, L. M. 1864, Amer. J. of  
Sci. and Arts, 39, 129 (6-prism  
spectroscope).
- [103] Rutherford, L. M. 1865, Amer. J. of  
Sci. and Arts, 39, 308. (天体写真儀、プレ  
アデス、プレセペ星団撮像)
- [104] Gould, B. A. 1867, AN, 68, 183 – 186,  
Schreiben des Herrn Dr. Gould an den  
Herausgeber.
- [105] Gould, B. A. 1878, The Obs., 2, 13 –  
19, Celestial Photography. (Rutherford  
望遠鏡を主体としたレビュー論文)
- [106] Rees, J. K. 1892, The Obs., 15, 49 – 51  
Preliminary notice of the Rutherford's  
star-plates.
- [107] Gould, B. A. 1879, Resultados del  
Observatorio Nacional Argentino en  
Cordoba, Uranometria Argentina, pp.  
385. (スペイン語)
- [108] Rees, J. K. 1897, Bull. Yerkes Obs. of  
the Univ. Chicago, 5, 431 – 435.
- [109] Draper, H. 1873, Philosophical Mag.  
46, 418, On diffraction spectrum  
photography.