特集>>> 道路

グレーダ開発の変遷史

岡本直樹

グレーダは 19 世紀後半に誕生したが、その開発史を戦前と戦後に大別し、その技術的トピックを示した。 戦前のグレーダ史は、原始グレーダから近代グレーダの誕生、モータグレーダへの移行、類似関連機種や 同時代のブルドーザに分けて俯瞰し、それに日本のグレーダ黎明期を付加えた。戦後のグレーダについて は、大型化とメーカの変遷等を概観した。

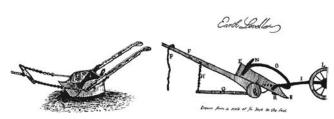
キーワード:建設機械史,建設機械開発,土工機械,グレーダ

1. はじめに

近代グレーダの歴史は、1877年まで遡ることができるが、それ以前の原始グレーダの発生具合はよく判っていない。敷均しの道具として、スクレーパやレベラ、プレーナ、ドーザ等の発達との関わりもあり、それらとの関連を見据えて、グレーダの発展史を捉える。

BC.4000 年頃の大規模運土を行ったソリ跡がマルタ島に残っている。BC.3000 年頃にはシュメール人が車輪を発明し、一輪車(ねこ)は、BC.2000 年頃に中国で生まれている。プラウはBC.2000 年頃にエジプトで使われ始めるが、掘削器の考案は15世紀になってからである。17世紀には汎用的なスクレーパ(図-1)が生まれ、19世紀になると沢山の土工器具が考案される。図-2は1805年のEarth Levellerである。Mouldbaert(1824年)やScoop(1841年)等の絵図も描かれているが、モルモンボード(写真-1)と大差はない。Fresno Scraper は1883年に登場して、大いに普及する。

写真 - 2 は、Central-Union Pacific 鉄道工事(1864 ~ 69 年)の盛土の様子である。馬牽引のダンプカートで運搬し、高撒きにより盛土を延伸している。まだ、



図─1 17世紀のスクレーパ

図—2 Earth Leveller1805



写真-1 モルモンボード



写真-2 Central-Union Pacific 鉄道工事

薄層締固めの概念はないが、やがて、土工の大規模化に伴って、押土や敷均し、運搬走路の補修のニーズが高まってくる。因みに、プロクタの締固め理論(最適含水比と密度の関係)は、1933年まで待たなくてはならない。

2. 戦前のグレーダ

(1) 原始グレーダ

1860年代には、図一3のような簡易グレーダが使われていたようだ。左側はモルモンボード (写真一1)を大型化して、牽引に牛馬を利用し、ブレード操作は腕力に頼っている。右側の鉄製牽引グレーダになると、ブレースを取付ける穴の位置によってブレード推進角を調整できる。図—4は1882年のブレードの一種であるが、Dirt Scraperと称している。この頃、削るものは皆スクレーパなのか、グレーダもスクレーパと称している場合が多い。



図-3 1860 年代の簡易グレーダ

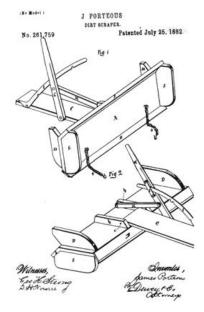


図-4 ブレード1882

(2) 近代グレーダ

近代グレーダは、1877年に S.Pennock が回転ブレードを備えた 4 輪牽引グレーダの特許を取り、原型ができ上がったとされる。 "American Champion" と名付けられたが、詳細は不明である。図—5は、翌年に特許を取った H.C.Moore のブレード回転機構である。1885年になると、JD.Adams が画期的な車輪の可変リーニング機構(写真—3、図—6)を考案する。そして、1886年に S.Pennock の Champion 社が初めてグレーダを製作、全金属製ワンマン機で"Winner"(写

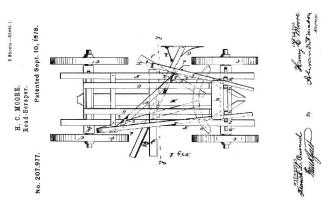
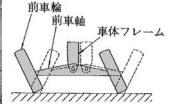


図-5 H.C.Moore のグレーダ





写真一3 JD.Adams

図一6 リーニング機構



写真-4 Champion "Winner" 1886

真一4) と名付けた。

1900 年代になると Austin Western や ACME, Galion, Russell, Baker 等も市場参入して、初期の主要グレーダメーカとなる。図一7は、Russell の各種グレーダカタログの一部で、写真一5左は1923年の牽引式の Hi-Way Patrol No.2 である。写真一5右は、グレーダにベルコンを装着して積込機とした1912年のエレベーティンググレーダである。永年、連続積込機として活躍し、米国では現行のベルトローダに継承されている。

(3) モータグレーダ

牽引は牛馬から蒸気トラクタを経て、内燃機関トラクタへと替わって行ったが、やがて小型内燃機関を利用した自走式モータグレーダが生まれる。

1919 年に Allis-Chalmers がグレーダ用 2 輪トラクタ 6-12 型を開発した。そして、このトラクタの提供



図-7 各種 Russell Grader



写真―5 Russell 牽引式グレーダとエレベーティング





写真―6 初のモータグレーダ Garion と Russell

を受けた Galion の "Light Premier" (写真—6左) と写真—6右の Russell "Motor Patrol No.1" が初の モータグレーダとなった。

やがて鉄輪はソリッドゴムタイヤ(1925年:写真 - 7左)に代わり、土質によってはクローラ駆動(1926年:写真 - 7右: Cat 2tトラクタに架装)が利用された。自動車用空気タイヤは1895年にミシュランが開発しているが、グレーダ用としてはまだ強靱さが足りず、空気タイヤの装着は1931年のCAT "Auto Patrol"(写真 - 8)まで待つことになる。この間の1928年にRussellは買収されて、CATのグレーダラインとなっている。そして、1934年にはタンデム駆動輪が発表された。他方、ブレード操作は手動からパワー化され、1926年にHuberが、Galionも同じ頃に油圧制御を導入した。

さて、この頃、グレーダはロードパトロールやメインテナとか商品名で呼ばれていて、グレーダの名称は1930年代まで使われていなかったらしい。しかし、19世紀末に有名なNavvy(蒸気ショベル)という言葉よりもグレーダがよく使われていたとの話もあり、地域差があるのかもしれない。





写真-7 Russell Motor Patrol No.2 と No.4



写真-8 CAT Auto Patrol 1931

(4) 類似関連機種

小型グレーダの変種として、小型ホイルトラクタの前後輪の間にブレードを取付けた機種を見かけることがあるが、同様なものを内燃機関搭載初期のトラクタに見つけた。それは Holt 40-45 の操向用前輪とクローラの間にグレーダブレードを取付けた年代不詳の写真一9左である。ブレード昇降用のラックとピニオンが写っているが、よく見るとブレードの取付けが不自然である。左側のクローラが邪魔なはずである。しかし、別の文献が謎を解消してくれた。なんと、左側クローラは鉄輪に換装され、トレッドを広げていた(写真一9右)。しかもこの Holt が開発した "Good Roads Machine" は、1909 年に開発された自走式グレーダの先駆だったのだ。





写真-9 Holt 'Good Roads Machine'

他の道路整備用機種に、ランドレベラがある。初の ランドレベラ(**写真**— 10 左)は、1910年に Schmeiser が開発、Best 70hpに牽引させている。**写真**— 10 右は、 CAT が 1912年に発表した Henry A Large のランド レベラである。刃先がよく見えるように、運転台を高 くしている。これらのランドレベラは大型牽引スク レーパにも発展して行くが、ランドレベラ自体は、今





写真-10 Schmeiser と H.A.Large のランドレベラ

日でも米国でグレーダの補助として走路整備によく使われている。わが国でも、関空 I 期加太工事の重ダンプ走路の落石除去に活躍していた。

写真— 11 は、グレーダに似た Russell のロードプレーナ(1915 年製)である。**写真**— 12 は 1931 年撮影で、LeTouneau の初期のスクレーパに似ているが、Ball Wagon Grader と表記されている。なお、小型牽引 2 輪グレーダは、テレーサ(Terracer)とも称している。



写真-11 Road Planer



写真-12 Ball wagon grade

(5) 同時代のブルドーザ

この頃のブルドーザについても記しておく。ブルドーザの起源は、その昔、手押一輪車(Wheel barrow)に板を付け、ドーザのように盛土の押出しに使っていたのが始まりのようである。これを発展させて、馬の前面にブレード(Bullboard)を装着したドーザが考案された。そして、トラクタへの装着としては、1902年に洪水現場で、Holtが蒸気トラクタに木製ブレードを取付けて堆積土除去を行った記録がある。その時代、施工業者は既に馬や蒸気トラクタ(写真—13)のドーザを自作して利用していたようだ。馬用のドーザの商品化は、Russell(1917年:図—8)等が行い、ブルドーザの名称が使われている。Holtは1919年に、軍用 T-11を民生化した5tトラクタで、ブレード装着(写真—14)の実験改良を行っている。ブレードは金属製であるが華奢である。初の商業製品は、1923

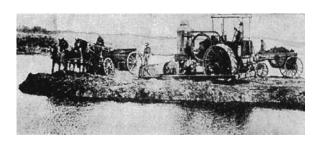


写真-13 蒸気ドーザ

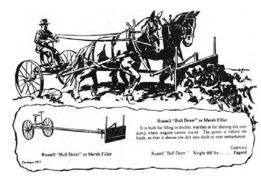


図-8 Russell Bull Dozer





写真— 14 Holt 5 t

写真-15 LaPlant Cheaut

年に LaPlant Cheaut のスキッド式ドーザ (写真―15) である。

(6) 日本のグレーダ黎明期

明治時代の日本は鉄道敷設に重点を置き,道路は冬の時代であった。しかし,自動車の急速な普及と軍事的有用性が第一次世界大戦(1912~26年)において確認され,大正9年に道路法が公布された。また,関東大震災(大正12年)では,都内の貧弱な道路網が甚大なる被害の要因となり,震災復興でも不通となった鉄道に代わり自動車が大活躍した。

一方、大正 10 年頃から昭和初期にかけて、各地で労働力不足のため機械化施工が浸透・普及していた。小型スチームショベルが多数導入され、トラック輸送も増加した。そして、グレーダが日本で初めて使われたのは、昭和 3 年(1928 年)の東京市芝の塗瀝砕石道路工事である。大倉組が Marshall 製モータグレーダを導入している。

ところが、翌年(昭和4年)に大恐慌が始まり、失業匡救事業と公共事業が活発化するも機械の使用は禁止された。昭和9年には時局匡救事業も打切られ、公共事業は不急不要事業として凋落期に入る。しかし、

満州等大陸の一部では、機械化が続行され、モータグレーダやエレベーティンググレーダも導入された。写真一 16 は、昭和 10 年に満州チチハル建設処に導入された CAT オートパトロールである。オペレータは白系ロシア人(赤色革命からの亡命露人)で、当時の日本人は車の運転すら希で、白系露人が雇われていた。写真一 17 は、海軍設営隊による南方ワクデ島の飛行場造成(昭和 18 年 2 月)に活躍している鹵獲牽引グレーダである。





写真-16 チチハル建設処

写真--17 ワクデ鳥

さて、グレーダの国産化は戦時下の軍需用にブルドーザやスクレーパと共に開発が要望されるが、内地より先に満州で始まった。昭和17年に満州三菱機器でトウグレーダの開発に着手し、翌年に試験を行っている。内地では浅野物産が牽引グレーダを、池貝自動車がモータグレーダを試作している。しかし、製品化は戦後の昭和22年に日本開発機がHA56を開発してから始まる。

ところで、軌道式の敷均し機にスプレッダがある。 図—9の Jordan Spreader 2-150 は、大正 12年(1923年)に本格的な機械化施工を取入れた台湾の嘉南大圳工事の烏山頭ダムで、ダンプカー(トロッコ)の敷均し排土に使われた(写真—18)。コンプレッサを搭載し、空圧シリンダでブレード制御を行っている。

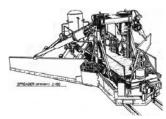




図-9 Spreader2-150

写真— 18 嘉南大圳

3. 戦後のグレーダ

(1) 大型化の変遷

モータグレーダの基本的形状はほぼ完成していたが、大型化のニーズが生まれてくる。重ダンプやモータスクレーパの大型化に伴って、それらが稼働する建

設現場や露天掘り鉱山の運搬道路補修用のグレーダである。戦後のグレーダの大型化の変遷を表―1と写真―19~29に示す。1955年から1967年に掛けて、各社が14フィート級を開発した。そして、更なる大型化には、異形のグレーダが出現してくる。前輪にモータスクレーパのトラクタ部を利用したダブルアーティキュレート式タンデムエンジン機 Harris Blade(1967年:写真―22)をコントラクタが開発した。このコンセプトは、二股グースネックの RayGo Giant(20 ft、1969年:写真―24)に引継がれる。また、CMI の斬新な Autoblade(18 ft:1969年:写真―23)は、図―10 のように前後対称型のタンデムエンジン、ダブルアーティキュレートでキャブを進行方向に旋回、HST 駆動であり、更にガイド式ブレード自動制御を

表一1 大型化の変遷

Make	Model	Blade ft	Weight t	Power hp	Period Made
Huber	5D-190	14	13.6	195	1955-1957
Galion	T-700	14	18.1	190	1955-1965
CAT	16	14	21.1	225	1963-1973
Wabco	888	14	18.6	230	1967-1974
CMI	Autoblade	18	29.5	450	1969-1970
RayGo	Giant	20	48.1	636	1969-1978
CAT	16G	16	27.3	275	1973-1995
Champion	100T	24	91.6	700	1975-1989
ACCO	-	33	181.4	1,700	1980
O&K	G350	19	41.0	338	1980-1986
Komatsu	GD825A	16	26.4	280	1987-
CAT	24H	24	59.4	500	1996-





写真—19 Huber 5D-190

写真-20 Galion T-700





写真-21 Wabco888

写真-22 Harris Blade







図—10 Autoblade イラスト

備えていた。

1975年になると,100 Ton の Champion 100T (24 ft: 写真—25) が出現し、マイニング現場で大いに活躍する。史上最大のモンスタは、ACCO (33 ft:1980年: 写真—26)の3軸12輪のタンデムエンジン機である。現行の最大機種はCAT 24H (24 ft, 1996年: 写真—29) の後継 24M である。





写真-24 RayGo Giant

写真-25 Champion 100T 1975



写真-26 ACCO 33 ft





写真-27 O&K G-350 1980

写真-28 コマツ GD825A-2



写真-29 CAT 24H 1996

その他にソ連も 27 t の Huge DZ-140 (**写真**— **30**) を造っている。**写真**— **31** は、1965 年に開発された 3 輪電気駆動の LeTourneau C3 である。

(2) メーカの変遷

さて、グレーダは世界各地で製造され、メーカも無数に生まれたが、消滅したメーカも多い。主要メーカの例を挙げると、LeTouneau Westinghouse は、1953年に JD.Adams を買収してラインに加え、1962年に



写真-30 Huge DZ-140 (USSR)



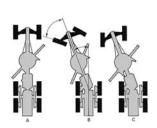


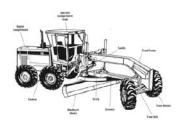
写真—31 LeTourneau C3

写真-32 JD-570

WABCO と名を変え、1983 年にはグレーダ生産を止めた。Clark も 1971 年に Austin Western を買収したが、1981 年にグレーダ事業から撤退している。Galionは 1974 年に Dresser に買収され、その Dresser は 1988 年にコマツとの合弁 KDC を経て、1995 年に完全にコマツに買収された。コマツの GD シリーズには、Galion の血が注入されている。そして、Championは 1997 年になって Volvo に買収された。

初のアーティキュレート式モータグレーダは、Deere が 1967年に開発した JD-570 (写真—32) である。CAT は G シリーズで漸く全油圧化を図り、これを採用した (図—11)。また、座ったまま作業ができるよう操縦性を格段に向上させている。わが国でもアーティキュレート式は試作されていたが、この G シリーズの輸入によって、各社全面採用となり、操作性向上の設計面に与えた影響は大きい。また、近年は





図― 11 アーティキュレート機構と G シリーズ





写真-33 GNSS-MC

写真—34 Bobcat

GNSS や TS を利用した MC(マシンコントロール: **写真**— **33**)や MG(マシンガイダンス)の情報化施 工が普及して来ている。

そして 2006 年には、ジョイスティック操向のグレーダ CAT M シリーズ (**写真**-**33**) が誕生した。

国内では、グレーダメーカが2社に減少していて、排出ガス対応の問題もあって、小型グレーダが生産中止されて不足している。このため、道路会社は情報化施工の MC や MG によるブレード制御を利用した小型ブルやコンパクトトラックローダを活用している。また、新たな輸入機の参入も試行され、Bobcat のグレーダアタッチメント(写真―34)も紹介されている。

そんな折、三菱重工はグレーダ事業を2013年にトルコのHidromeck社に売却し、国産メーカはコマツだけとなってしまった。

4. おわりに

本号は道路特集なので、道路機械であるグレーダ史を取上げた。グレーダ史の基本的な情報は整っていると思って執筆に取り掛かったが、改めて調べてみると、意外と文献や記述が限られていて、パイオニアメーカの記録も不完全で、確認できなかった点も少なくな

い。また、内容的に技術的画期となるトピックに絞ったが、紙幅の制限から省いた事柄も多い。これらを今後の課題として、更なる調査を行い不明点を解明したい。

J C M A

《参考文献》

- 1) H-H.Cohrs, 500 years of Earthmoving, GmbH, '95.
- 2) H-H.Cohrs, The History of Road Building Equipment, GmbH, '98.
- 3) SJ.L.Allhands, Tool of the earth mover, SHCP, '51.
- 4) N.Swinford, Allis-Chalmers, MBI, '98.
- 5) F.Raczon, Catapillar Modern Earthmoving Marvels, '15.3.
- 6) P.A.LeTourneau, Catapillar Photo Gallery, Iconografix, '97.
- 7) P.A.LeTourneau, Russell Graders Photo Archive, Iconografix, '93.
- 8) K.Haddock, Giant Earthmovers, MBI, '98.6.
- 9) EC.Orlemann, LeTourneau Earthmovers, MBI, '01.5.
- 10) 岡本, ブルドーザの誕生, 建設機械施工, JCMA, '16.1.
- 11) 高木薫, 日本建設機械化外史, JCMA, '53.
- 12) 岡本, 外地の機械化施工, 建設機械施工, JCMA, '15.4.
- 13) 岡本, 建設機械のモンスタ達, 建設機械施工, JCMA, '15.1.
- 14) 岡本, 土工機械誕生の歴史, 土木施工, '09.7.
- 15) 土工教室/建機史, http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/



[筆者紹介] 岡本 直樹 (おかもと なおき) 建設機械史研究家