

79. 新運土機構採用の超大型ブルドーザの開発

コマツ：*永瀬 秀一・伊戸川 博
神川 信久

1. はじめに

大型ブルドーザ、特にUSA・オーストラリアの石炭露天掘りのような、大規模鉱山で使用される大型ブルドーザは、生産機として使用され、その主な作業は大量土工作业である。加えて、近年各鉱山とも商品の競争力向上をねらいとして、単位出来高あたりの必要コスト低減に力を入れている。このような背景より、生産機としての大型ブルドーザに対しては、大型



写真1 D575Aスーパードーザ

化による省人化のみでなく作業そのものの効率向上への要求も著しくなっている。

これに対し、ここに紹介するD575Aスーパードーザは、世界最大のブルドーザという大型化のみでなく、新運土機構を採用した。この新運土機構により、運土時のブレード前面での土の動きが変化させ、車体の力学的な釣り合いを改良して、作業量を大幅に増加させることを可能とした。

2. 開発のねらい

ブルドーザは、原則的に車格（車両のサイズ）により車両性能が決まる。つまり、車体重量により牽引力が決まり、エンジン出力により車速が決まる。そして、この車両性能にマッチングしたブレード容量が与えられ、作業量が決定されている。言い換えれば、従来の運土方式では作業量増加には、車格アップが不可欠であり、車格と作業量は比例するものとされてきた。

この問題を解決するために、本開発機では、図1に示すように車格アップだけでなく、新機構ブレード（スーパーブレード）を採用した。これにより、運土中の土の抵抗を低減させ、単位牽引力あたりの

表1 D575Aスーパードーザ主要諸元

運転整備重量	147.9 t o n
定格出力	1166 P S
ブレード容量	69 m ³
最大牽引力（F2）	120 t o n

運土量を増加させ、車格以上の作業量増加を図るものである。

3. 開発技術の概要

3-1. 運土抵抗の改善

図2では、掘削始めから運土へと移る作業過程での、ブレード前面での土の動きを表している。この内、本開発機では、定常状態となった運土中の抵抗低減を試みた。

従来機構ブレードでの運土中の力学的な釣り合いを図3に示す。図中“w1”は、地上を水平に運搬される土量を示し、“w2”は、運土中にこぼれた量を補充するための掘削により、ブレード前方の下方から上方へと移動する土量を示している。

また、ブレード本体は、ブレードを牽引力“F”にて押し出し、これが①～④式のように土の抵抗と釣り合っている。

$$F1 = w1 \cdot \tan \phi \quad \dots\dots ①$$

$$F2 = w2 + F1 \cdot 2 \cdot \tan \phi \quad \dots\dots ②$$

$$F3 = L \cdot \tau \cdot B \quad \dots\dots ③$$

$$F = F1 + F2 \cdot \cos \alpha - F3 \cdot \cos (\alpha + \theta) \quad \dots\dots ④$$

- F1 ; 運土抵抗
- F2 ; 載荷重 (w2) による抵抗
- F3 ; 土のせん断抵抗
- F ; 牽引力 (ブレードを押し出す力)
- ϕ ; 土の内部摩擦角
- τ ; 土のせん断強度
- L ; 土のせん断長さ
- B ; ブレード幅

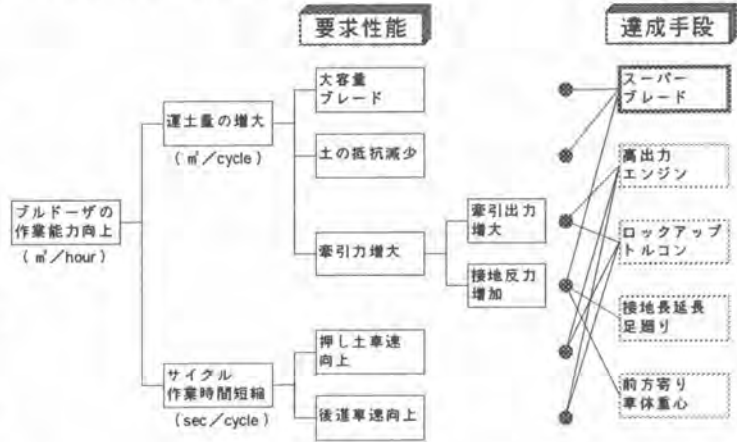


図1 作業能力向上の要求性能と達成手段

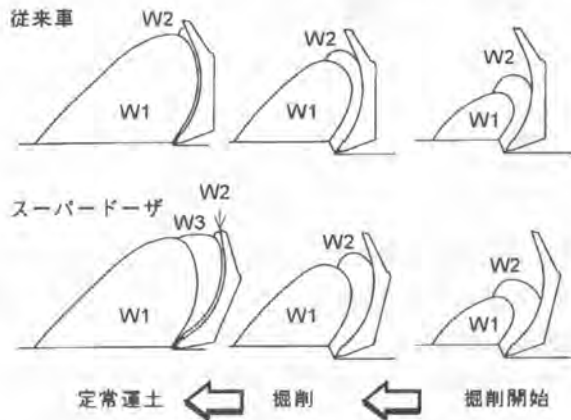


図2 掘削→運土の土の動き

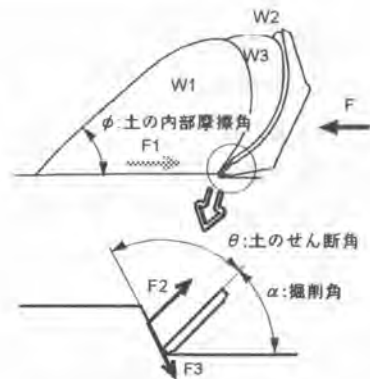


図3 ブレードでの力の釣り合い

一方、図2のスーパードーザでの運土中の土の状態からわかるように、本ブレードには、土を抱え込んで運搬（w3が抱え込み土量）するという機能が付加されている。この土を抱え込んだことによる効果を以下に示すが、ブレードに加わる力F1・F2・F3の力学的釣り合いを改良した。（図4）

①土を抱え込むことにより、動いている土量（w1+w2）を減らすことが出来る。

その結果、運土抵抗（F1）を減らすことが出来る。

②土を抱え込むことにより、動いている土量（w1+w2）を減らすことが出来る。

その結果、補充掘削量を減らし土のせん断抵抗（F3）を減らすことが出来る。

このように、ブレード上での力学的な釣り合いを改良することにより、単位牽引力あたりの運土量を15%増加させることが出来る。（図5）

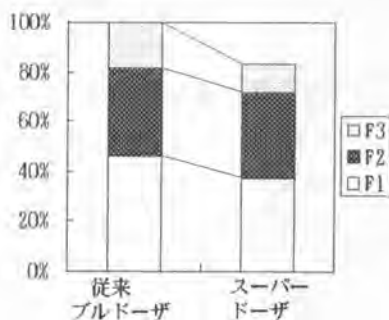


図4 同じ土量を運土するために必要な牽引力比較

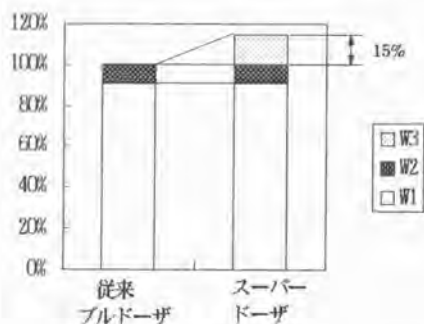


図5 同じ牽引力で運土した時の運土量比較

3-2. 実牽引力の増加

ブルドーザでは、地面とクローラとの摩擦力で牽引力が発生する。（⑤式）

$$F = \mu \cdot W \quad \text{⑤}$$

F ; 牽引力
 μ ; 地面とクローラの摩擦係数
W ; 車体重量

⑤式での牽引力は、一般的にクローラ全体に、均一に車体重量が負荷されている状態（接地圧バランスが、均一な状態。）が最大となる。つまり、ここで、従来ブレードでの運土中の接地圧バラン

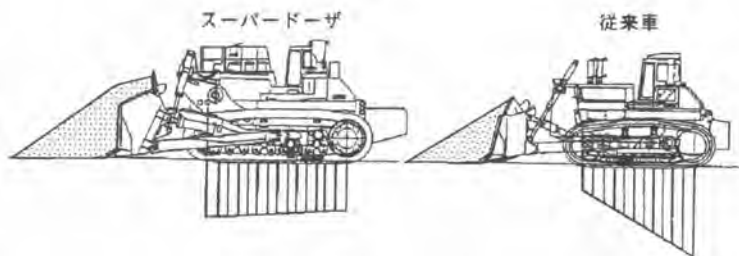


図6 接地圧バランス比較

スを図6に示すが、運土中でも補充掘削があるため、ブレードを地面に押しつける必要がある。その結果、クローラの前方が浮き上がり接地圧バランスが悪くなる。ところが、本開発機のスーパーブレード

では3-1で述べたように、運土中に土を抱え込むため、車体前方にあたかもカウンタウエイトを装着したような効果が得られ、接地圧バランスが改善される。

また同時に、抱え込んだ土の重量が、本来の車体重量に加算されることによる牽引力の増加も見込めるのである。

以上の結果、スーパーブレードでは、⑤式は⑥式となり従来のブレードに比べ、約10%（シェーアスリップ一定とした時）の牽引力増加が得られる。

$$F = \mu' \cdot (W + \Delta W) \quad \dots\dots \textcircled{6} \quad \mu' ; \text{ 接地圧バランス改良後の摩擦係数}$$

ΔW ; 抱え込んだ土の重量

(図3のw3に相当)

3-3. 排土性と掘削性

スーパーブレードでは、土を抱え込むという特長を持たせた為、運土状態ではブレードがかなり後傾となる。従って、その排土性が懸念されるわけだが、本開発機ではブレードリンク機構のストロークを大幅に増加させた。同時に、掘削時においては、土質に応じ掘削角度を最適に選択できるようにした。(図7)

その結果、掘削時にはブレードの貫入性が向上し、また排土時には、 20° という急勾配の押し上げ作業

でも、ブレード前面の角度がほとんどの土質の安息角をカバーし得るものとし、従来のブルドーザより優れた排土性を実現させた。

4. 開発の効果

表2に、石炭の露天掘鉱山(USA、ウエストヴァージニア州)で作業量比較テストを実施したD475A-2の主要諸元とテスト結果を示す。スーパーブレードを採用することにより、ブレード上の力学的釣り合いが改良されたため、単位車体重量当たりのサイクル

土量が1.15倍となった。また、運土時の接地圧バランスが改善されたことにより、シェーアスリップ

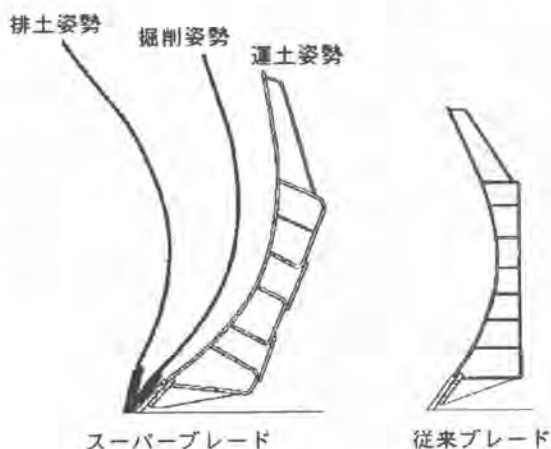


図7 スーパーブレードの動き

表2 作業量テスト結果

	単位	D575Aスーパーブレード*	D475A-2
車体重量	ton	147.9	97.5
定格出力	PS	1166	780
ブレード容量	m ³	69	34.4
時間当たり作業量比	-	1.8	1
運土時シェーアスリップ率	%	2	9
作業量/定格出力比	-	1.20	1
サイクル当たり土量比	-	1.75	1
土量/車体重量比	-	1.15	1

率が大幅に低減した。このため、単位定格出力当たりの作業量は、1.20倍となった。本結果より、当初のねらいどおり大型化による省人化のみでなく（図8）、省エネをねらいとした作業効率向上による車格比以上の作業量が達成されたと言える。

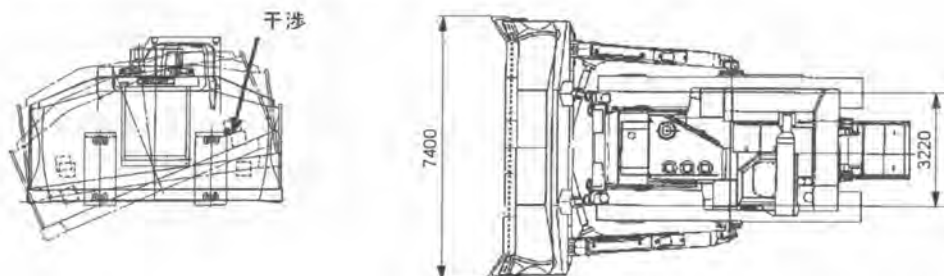


図9 チルト量制限の必要性

5. スーパーブレード達成のための問題点と解決策

本開発機にて採用した、大ストロークのブレードリンク構造を成立させるためには、従来のブレード設計概念を延長させただけでは、作動速度・リンク干渉等いろいろな問題発生が予想された。本開発機では、表3に示すように各問題点にたいし、おのおの解決策を講じることによりスーパーブレードを成立可能とした。

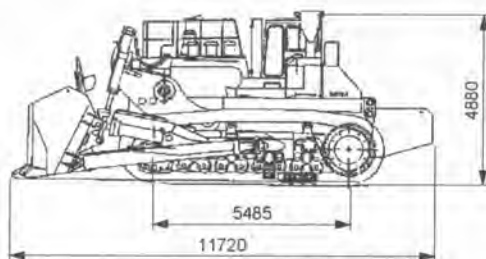


図8 D575Aスーパードーザ主要寸法

表3 スーパーブレード成立のための問題点と解決策

	問題点	解決策
1	フルストローク操作に時間かかる（作動速度が遅い）	補助ポンプを設置し、作動速が必要なとき応援するシステムを採用した
2	フルストロークチルト操作時図9のように干渉する。	チルト量をセンシングし、自動的に作動を止める制御を追加した
3	土工板の動きが大きいため従来と同じ設計では干渉する	従来リンクでのジョイント位置を工夫し干渉を防止した

6. 今後の課題

本開発機では、掘削時・運土時・排土時と各々の作業での最適なブレード前面角度を選択し、操作する必要がある。これは、従来のブルドーザには無く、追加となる操作である。特に、掘削から運土に移行するタイミングにはある程度の熟練が必要とされることが分かった。

従って、次のステップとしては、各作業での最適なブレード前面角度を自動化することが考えられる。

この自動化システムを開発し、既に開発済みのブレードリフトの自動化システムと組み合わせる事により、操作頻度の低減のみでなく、更なる作業量の増加が期待できる。

(図10)

スーパードーザの作業工程

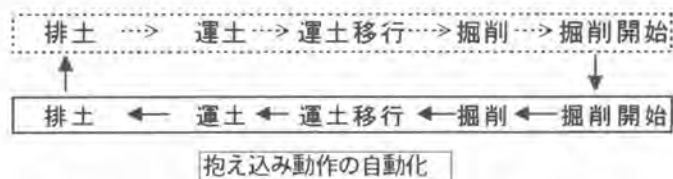


図10 スーパードーザでの自動化構想

7. おわりに

ここに紹介したD575Aスーパードーザは、昨年開発し本年当初よりU

SAの石炭露天掘鉱山に導入したものである。導入後ユーザ地にて作業量テストを実施した後、現在メイン生産機として稼働中である。ユーザからはその抜群の作業量にかんして、高い評価を受け開発のねらい通りの性能を発揮している。本開発機の今後の活躍を期待している。

最後になりましたが、今回の開発にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位の皆様に深く感謝いたします。