

油圧ショベルの運転席の過去～将来

—これまでの取り組みと今後の展開—

村上良昭

作業部が全回転できる便利さが受け、この20年間で飛躍的な普及を成し遂げた油圧ショベルであるが、その歴史の中で後端が短く作業部を抱え込み車幅内で全回転できる超小旋回機が登場し、市街地などで安全に作業ができることが重宝され発展を遂げた。しかし作業効率は向上したが上部旋回体の寸法的な制約により搭載された運転席は居住空間が狭く、運転者にとっては厳しいものであった。後に後端が短い利点を継承しながら運転席の居住空間を拡大した後方超小旋回機が登場し、標準機とミニショベルを含む4種類の油圧ショベルが国内で独自の進化を遂げた。今回その運転席の開発経緯について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、超小旋回機、ミニショベル、運転席、キャブ、快適性、視界性、運転員保護構造

1. はじめに

油圧ショベルの便利さは海外にも認知され輸出が増加、国際基準の機能性と快適性が要求され最近では特に安全性を強く要求されるようになってきた。その環境変化に対応し、多様な運転席が考案されてきた。本稿ではその形と大きさ、快適性を追求した空調システムの配置、作業効率向上を追求した視界性の確保、安全性を追求した運転員保護構造等について述べる。

2. キャブの大きさ

キャブの形と大きさは上部旋回体の形と大きさの制約を受け、ゆったりとした大きさの中・大型標準機用と、後端が短くなって運転席側へエンジンルームが迫り前後長が圧縮された小・中型後方超小旋回機用と、上部旋回体を車幅内に納めるべくキャブ大きさが必要最小限に設計された小型超小旋回機用及びミニショベル用に分類される。

中・大型標準機用は昔から前後長幅共に大きく室内空間もゆったりと確保され、長時間の運転作業にも疲れを感じさせない工夫がされてきた。座席の前後調節と座席と操作レバー間隔調節ができ、運転者がベストの操作ポジションで作業ができるダブルスライドレールが採用されている。休憩時にはフルリクライニングシートで横になって寝ることもできる。室内各所の小物入れとドリンクホルダが設置され座席後部には大型の物置スペースも確保されている。また弁当や飲み

物を温めたり冷やすことのできるホット&クールボックスが装備されたものもある。

写真—1, 2, 3は旧型機の写真であり、写真—2のキャブについては当時現場の若返りを狙って若者向けのデザインを具現化したもので当初は好評であったが、乗降性と前窓の視認性で苦情が聞かれる場面もあ



写真—1 旧型機の角型キャブ



写真—2 旧型機の丸型キャブ



写真—3 旧型機の丸型キャブ室内



写真一4 新型機のキャブ



写真一5 新型機のキャブ室内

ったため、写真一1のキャブを選択できるようにしたこともあった。写真一4と5は新型機でキャブの形は機能性を重視しつつも新デザインを反映し、機能性とデザインを両立したものである。キャブ室内は表示器類とエアコン吹き出し口を前方にレイアウトし、快適性と視認性を向上させた。また輸出が増加し海外市場からはやはり身体の大きさより座席周辺の余裕が欲しいとの要求と、100mm幅のアームレスト装着要件より、従来950mmだったキャブ幅は新型機では1000mmとなり機能的にも成熟した運転席である。

小・中型後方超小旋回機用(写真一6)は後端半径寸法の制限よりエンジンルームが運転席に近づき標準機並の前後長が確保できない状況にある。形は標準機用をそのまま前後長さを短くしたものと、エンジンルーム確保で更に後ろ窓の下部分を室内側へ凹み形状としたものがある。他社機には、左側面を湾曲させドア開放時の出っ張りをなくしたドア開閉にスライド式を採用したものがある。居住空間と乗降間口の広さでは前者が優れており、狭い現場での旋回作業機動性とドアの取り扱い性では後者が優れている。各社でキャブの特長と利便性を打ち出し売りにしており、この分野の運転席は将来的にも形とドア開閉方式の統一化は難



写真一6 小・中型後方超小旋回機のキャブ

しく、まだ進化する可能性を秘めている。

小型超小旋回機(写真一7)およびミニショベル用(写真一8)はミニショベル後端が短くなった時点で狭所作業要件が一致し、左側面は車幅内に納まる湾曲形状でドア開閉はスライド式が主流で発展してきた。当初の超小旋回機用は車幅内に納める要件に拘った結果、キャブの大きさは電話ボックスのような細身形状でその狭さから運転者が体を丸めて作業をしているようにも見たほどである。更に乗降間口も狭く奥行きもないため、ある日の新商品評価会の出来事で太く大柄な若手営業マンが旧型機のキャブに乗り込もうとし、上半身は室内に入ったがお尻がまだキャブの外状態でそのまま暫く考え込む姿もあった。またこのクラスはコスト面よりキャブがフレームデッキに直付けされており、走行振動の伝達が激しい環境より、商品化当初はスライド式ドアの保持金具が変形することもあった。その後は車幅内に収まる要件を緩和させキャブの居住空間と乗降間口を拡大させた。ドア開閉方式にはリンク式を採用することで保持金具が強化され、開閉操作性も劣化せず好評である。



写真一7 小型超小旋回機のキャブ



写真一8 ミニショベルのキャブ

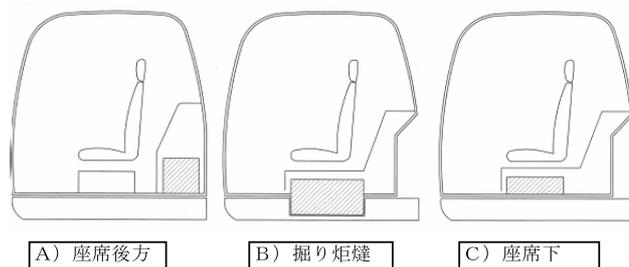
3. 空調システム

油圧ショベルの空調システムは運転席の構成上大きな要素となっている。その中でも HVAC (Heating Ventilation & Air Conditioning) のレイアウト設計には、いつの時代も頭を悩まされてきた。昔はエアコンがオプション扱いで装着率が低く、さほど重要視されていない時代もあったが、10年前に発売した後方超小旋回機グランドビートルシリーズ(写真—6)より標準設定され好評を博した。これをきっかけに競合他社も追従する形でエアコン標準装備があたり前の時代に突入し、台数が増えることでコスト削減も進み、低価格で提供することができた。

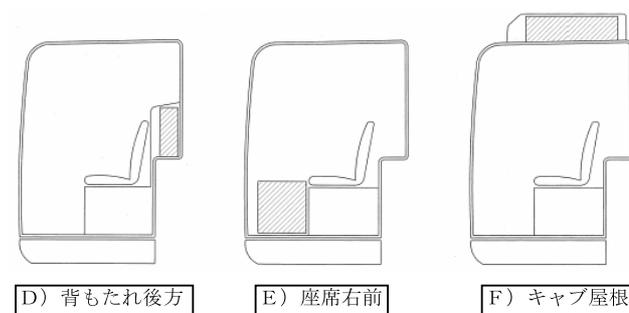
前述の如く後方超小旋回機用のキャブは前後長が短く、限られた搭載スペースに当時箱型 HVAC で外形寸法も大きいものが主流であった物理的環境の中、6トンクラスを含むシリーズでレイアウト共通化を達成する要件が設計にインプットされた。更に同時期に油圧制御が電子化されたこともあってコントローラも大型化していた。この窮地を救ったのが箱型 HVAC を座席下に位置させ、搭載高さ寸法を稼ぐため、フロアプレートの一部を掘り炬燵式にした搭載構造の考案であった。このレイアウトにより足元スペースが広く標準機並のオペレータ居住空間を確保でき、キャブの大きさは標準機に比較して一回り小さいが快適性が格段に向上した運転席の商品化に成功した。

図—1 と 2 は HVAC レイアウトの概略図である。図—1 は標準機用と後方超小旋回機用で図—2 は超小旋回機とミニショベル用である。

A) 座席後方は標準機用として一般的なレイアウトで昔も今も採用されている。B) 掘り炬燵式は画期的なアイデアで市場で好評を得ていましたが、件数は極めて少ないが河川工事現場などでデッキ高さまで水没させた場合、HVAC 内のプロアモータが水につかる。またフロア下の掘り炬燵が油圧リモコンホースレイアウトに窮屈さを与えていた。後にこれを解消する形でフロアと座席の間に搭載できる小型で高さ 160 mm の超薄型 HVAC が開発された。その搭載性を受けて標準機も後方超小旋回機とのレイアウト共通化設計より座席下に搭載されるようになった。共通化で更なるコストメリットはありましたが座席下ではメンテナンス性が解消されておらず一部から改善要望があがってきているのが現状である。キャブの視界性向上によってガラス面積拡大化が進み、日射による熱負荷が拡大傾向にあるため今後エアコン容量アップと空調システム全体の省エネが課題となってくる。



図—1 標準機と後方超小旋回機用 HVAC レイアウトの例



図—2 超小旋回機とミニショベル用 HVAC レイアウトの例

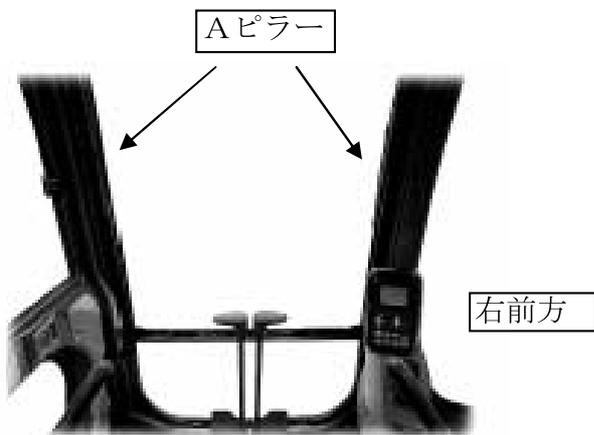
小型の超小旋回機とミニショベルはエンジンが運転席下に入り込んでいるため、レイアウトには今だに苦勞しており落ち着いていない。D) 背もたれ後方はエンジンルームからのガスホース配策が短く配風ダクトが簡単でスッキリはしているが、後方への座席調節が不足しており窮屈な運転席となっている。E) 座席右前はブームが運転席の横にある超小旋回機では、HVAC が室内側へはみ出し居住空間に支障をきたし、ミニショベルにおいても車幅寸法が小さい 3 トンクラスでは搭載に苦慮するレイアウトである。最後に F) キャブ屋根への搭載はファン式コンデンサと HVAC がセットでレイアウトされており運転席の居住空間を全く犠牲にすることがない利点はあるが、機体高さ寸法が高くなり搬送中にガード下に接触しエアコンを損傷させることもあり、新型機は D) 背もたれ後方に変更されている。

温暖化のためかミニショベルへのエアコン装着率が上がってきており、将来的にはもっと増えることが予想される。現状価格が高く伸び悩んでいるため、営業からは低価格エアコンを強く要望されている。超小旋回機とミニショベルは共通化を前提で、居住空間に支障をきたすことがない HVAC レイアウトにすることが今後の課題である。

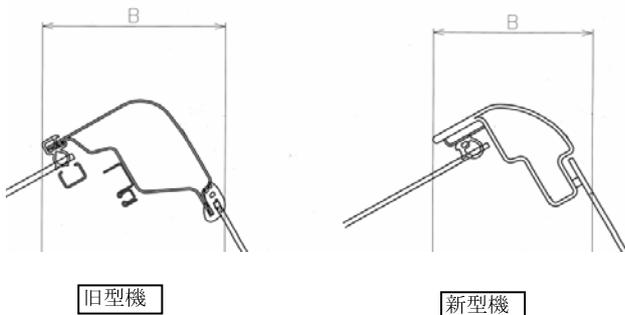
4. 視界性

キャブの視界性は作業中のアタッチメント動き全体

と掘削の状況，土砂の状態が判るように特にバケットの爪先，バケットの姿勢が見えなければならない。そのためにはキャブ前方とその上方が良く見えることが要求される。運転席に座ってまず視界を阻害するのは前方左右のAピラー（写真—9）である。表示器の大きさ，パネルの形状は最小限に設計できるがAピラーはキャブの骨格であるから削減は困難である。図—3にあるように，旧型機では内外のパネル2枚でピラー断面を構成されておりB寸法が太くなっていたが，近年は独自の異形鋼管を採用することで強度を向上させながらもB寸法を細くすることが可能となってきている。



写真—9 前方左右のAピラーと右前方下部のガラス形状

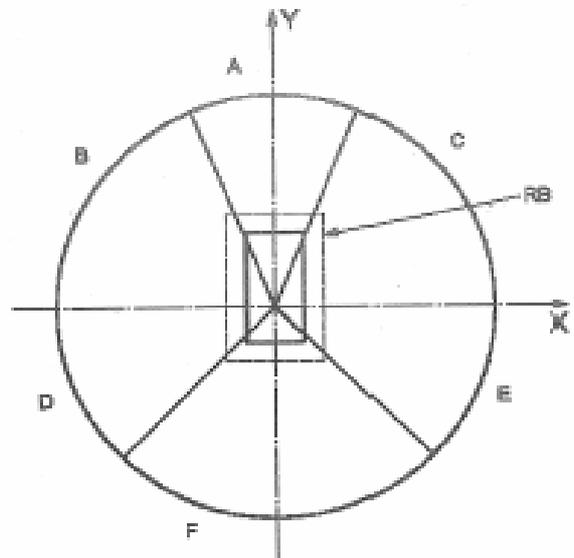


図—3 Aピラーの断面形状

視界性で次に重要なのは機械を移動させる時の足元先端が見えることで写真—9はそれに対応したものである。右前方下部のガラス面積を拡大することで右クローラ機動部を楽に見ることが出来る。更にドーピング作業時に排土板の接地高さを目測することにも役立ち，作業効率が向上する。

昨年オペレータ視界試験方法の改訂版 ISO-5006 が発行され，従来の半径 12 m 周囲視界に追加で機械側 1 m 近傍高さ 1.5 m 人物確認を想定した要件が追加となった。直視できない場合はミラー，モニターカメラ等の追加で視界を補うことになる。そのミラーはオペ

レータアイポイントから設置場所までの距離によってミラーの曲率寸法までもが決められている。図—4は視界性能基準を表す図解である。Yは前方，RBは機械右側を示しており，A～Fの6区画に対して機械質量10トン以下，25トン以下，40トン以下に分類され，10トン以下についてはアタッチメントの位置がフロントブーム，サイドブームに更に分類されている。これらの機種によってアイポイントの間隔，許容される影（見えなくても良い範囲）寸法がそれぞれ要件設定されている非常にややこしい試験方法である。特に10トン以下のDエリアは影が0で規定されているので，キャブ左Bピラーの幅寸法に注意が必要である。



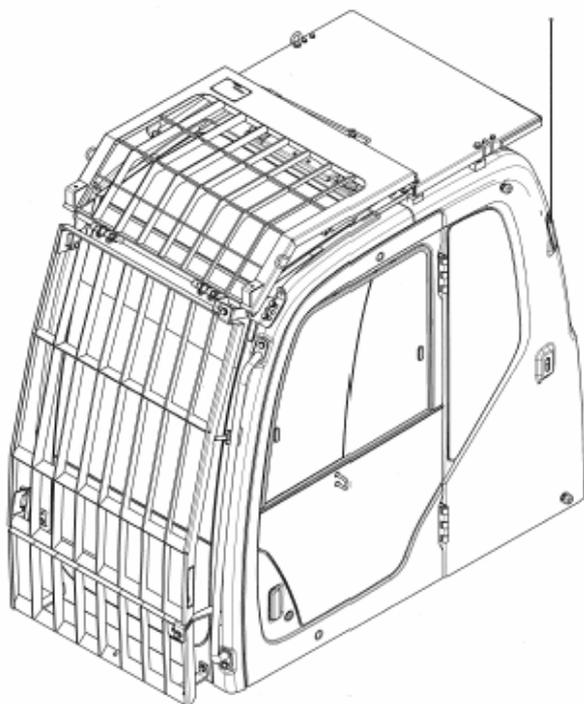
図—4 視界性能基準を示す分布図

この規格に対応するためにカウンタウエイト上と右ガード上にアンダーミラー追加を余儀なくされ，それも曲率制約より，従来品よりも一回り大きいミラーの設定となっている。しかしカウンタウエイトのミラーは作業中に後方を見ることは困難であり，この場所の視界にはモニターカメラを設定するメーカーが増えてきている。同じく右ガード上のミラーもアタッチメントの姿勢によって見え方が変わってくるため，不便さを感じているのが現状である。既に右側方にもモニターカメラを設定しているメーカーもある。性能にもよるが前記2箇所にモニターカメラを設置することで直接視以外の視界を全てカバーでき，ミラー装着は不要となることは既に報告されている。現状は価格面で足踏み状態だが，近い将来には低価格となり，この方式が主流になると考える。ただ運転席にはモニター画面を数台設置することとなり，前方視界性を阻害しないよう

にレイアウトするのが設計者の腕の見せ所となる。

5. 運転員保護構造

解体現場などで装備されるトップガード（運転席の頭上への落下物に対する保護構造）とフロントガード（前方からの飛来物に対する保護構造）はその昔から設定されており、用途に応じてその構造と強度基準は異なり現在は様々なガードが設定されている。落下物保護構造 FOPS (Falling-object protective structures) は想定する落下物によって2段階に分類される。建設現場などで落ちてくる小型の落下物に対してはレベル1で衝撃エネルギー 1365 J (45 kg の重錘が高さ 3.1 m から落下相当)、解体作業などで落ちてくる重量物に対してはレベル2で衝撃エネルギー 11600 J (227 kg の重錘が高さ 5.22 m から落下相当) で ISO 規格に要求性能が規定されている。図—5 はレベル2に対応したフルガード仕様の例で帯鋼を使って格子状に構成されている。解体現場では前窓天窓が汚れるため、洗浄作業がしやすくガードを観音開きにしたものも考案されている。また製作上は難しいが、帯鋼をアイポイントに対して放射線状に配列させ視界性を向上する工夫もされている。レベル1対応は図を省略するが額縁の中にクリンプ金網を溶接したものが大半である。参考までにフロントガードの要求性能はレベル1が700 J、レベル2が5800 J とトップガードの半分の強



図—5 解体現場用保護構造のフルガード仕様の例

度基準である。基準には衝撃が加わったときの変形量に制限があつたわみ限界領域（運転員の近似的箱型形状）DLV (Deflection limiting volume) にその構造体が侵入してはならないと規定されている。

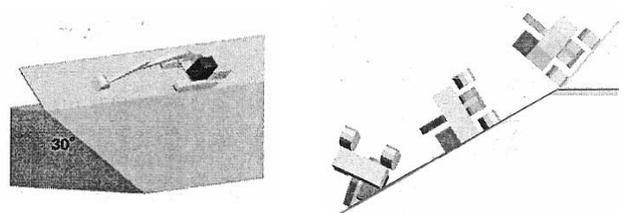
近年では建設機械の転倒時におけるオペレータの安全性を確保する観点から、キャブに対して側方、後方、上方から衝撃が加わったときの変形量を制限する保護構造の要求がでてきている。

6 トン未満のミニショベルでは欧州で一般的だった横転時保護構造 TOPS (Tip-over protective structure) を国内では業界初で標準装備。国際標準機と称しビートル2型シリーズを7年前に市場投入、ミニショベルの安全性に一石を投じた。もともとミニショベルは車幅が小さいことより横転事故の発生率が高かったこともあって各社追従する形で商品化されてきた。現在は FOPS レベル1 + TOPS もしくは ROPS が一般的な仕様となっている。参考までに TOPS の要求性能は側方衝撃からくるエネルギー吸収 (J) のみでその計算式は表—1 の ROPS と同じである。将来的にミニショベルは TOPS 装備で ISO 規格化が検討されているが、運転席から身体がはみ出そうな超小型機への適用についてはこれから議論が必要となる。

表—1 転倒時保護構造 ROPS の要求性能計算式 (ISO/DIS 12117-2 より)

側方エネルギー (J)	$13000(M/10000)^{1.25}$
側方負荷重 (N)	$35000(M/10000)^{1.2}$
後方エネルギー (J)	$4300(M/10000)^{1.25}$
上方負荷重 (N)	12.75M

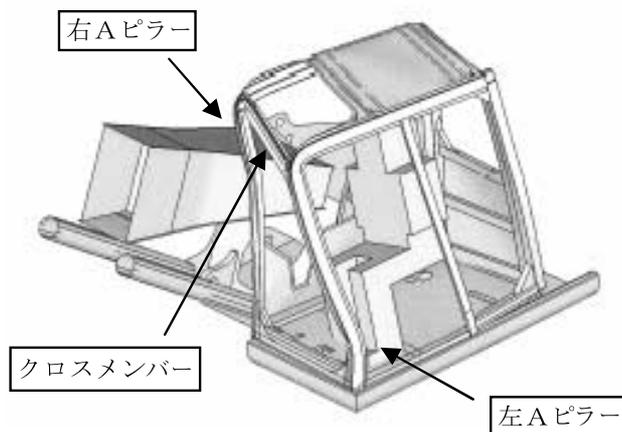
近い将来6～50トンまでの油圧ショベルに対して転倒時保護構造 ROPS (Roll-over protective structure) 油圧ショベル用の ISO 規格化が進行中であり、各社既にそれを睨んだ開発が進んでいる。その要求性能は図—6 に示すようにアタッチメントを最下げ姿勢で勾配30度の斜面を左回転で転倒したことを想定したものである。左側方はエネルギー吸収と負荷重、後方はエネルギー吸収、上方は負荷重が要求されている。その計算式を表—1 に示す M は、機械の運転質



図—6 油圧ショベル転倒時の想定図

量を表し単位は kg である。計算式で M に 1.25 乗されているため運転質量が大きい機種には厳しい数値となる。

図一七は側方負荷時の解析による変形予想図である。右 A ピラーは大きく変形しブームにもたれ掛かりクロスメンバーも座屈する。前方視界確保より両者共に断面寸法を大きくできないところに設計の難しさがあり、質量 50 トンクラスをクリアさせることは至難の業である。



図一七 側方負荷時の変形予想図

6. おわりに

過去の経緯と現状について述べてきたが最後にこれから取り組むべき課題と夢物語も含めて私なりの思いを述べる。

重機ショベルは運転席が地上より高い位置にあるため乗降性に改善の余地があると考えます。特に 40 トンクラスの上位機種になると地上からハンドレールが握れない場合もあって都合が悪い。リンク式で運転席が昇降するもので地上まで降下するもの、小型飛行機のようにタラップがデッキ部分から飛び出してくる等のアイデアを実用新案公報でみたこともある。このようにより安全に乗降できる乗降口構造の実現。

もう一つは重機ショベルは乗降間口を稼ぐために大

型のヒンジ式ドアが一般的であり、狭い場所では大きく開くことができない場合がある。また搬送台車上下の開閉には特に安全に気をを使う必要がある。これを解決する案としてオートスライドドアの装備がある。軽自動車にも標準装備されている時代であり是非実現したいものである。

前窓のワイパーはどうしてもコーナーに拭き残しがあり視界の妨げになっている。解体機用キャブガードは開閉式などで拭き取り手作業をしやすくしているが、やはり全面を自動で綺麗に拭き取りたいものである。更に解体現場では粉塵が凄くエアコンフィルタもすぐに目詰まりしてしまう。外気導入フィルタが詰まると内部循環となり、室内圧が保たれず粉塵が入り易くなる。家庭用エアコンでは既に商品化されているがフィルタ自動洗浄を実現したい。マイナスイオンなどもできれば言うことなしである。

最後は全体を丸洗いでできる運転席である。このテーマは既に取り組んでおりフロアマットの着脱性、フロアの水抜き性、電装類の防水性で樹脂カバー類の隙間詰めなどは既に実施済みであるが、例えば放水しながらブラッシングができ泥は室外へ流れ出る構造にしたものである。

以上、十数年ショベル用運転席の設計に関わってきた経験より述べた部分と、今頃は ISO 規格をクリアした運転席が商品化され言葉が認知されているが TOPS, ROPS, FOPS と言われてもピンとこない場面もあるため運転席保護構造のところは少し詳しく説明してきた。若手設計者に運転席、キャブの設計要件が少しでも理解されることを期待し、専門用語と数値を多く取り入れたものである。

JICMA

【筆者紹介】

村上 良昭 (むらかみ よしあき)
コベルコ建機(株)
開発生産本部
生産設計部
シニアマネージャー

