

建築分野における BIM 活用のための クレーン施工計画支援ソフトウェア

K-D2PLANNER[®]

田中 精一・岡田 哲・高松 伸広

2023 年度には小規模を除く全ての公共工事で BIM の原則適用の方針が国土交通省より示されるなど、建築分野では BIM の活用が進んでいるが、クレーンを使用した鉄骨建て方の施工計画では、未だ BIM の活用は充分とは言えない。本稿では、施工計画において活用できるクレーン施工計画支援ソフトウェアの機能を整理し、当該施工計画での効率化、およびその他の効果を検証する。

キーワード：BIM、クレーン、シミュレーション、施工計画、建築、鉄骨建て方

1. はじめに

BIM (Building Information Modelling) とは、国土交通省「建築分野における BIM の標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン (第 2 版)」(以下、「BIM ガイドライン」という。)によれば、「コンピュータ上に作成した主に三次元の形状に加え…建築物の属性情報を併せ持つ建築物情報モデルを構築するもの」と定義されている。本稿では当該定義に基づくものとする。

労働者人口の減少等に対して、生産性と品質の向上を図るため、すでに建築分野では BIM の活用が進んでおり、2023 年度には小規模を除く全ての公共工事における BIM の原則適用の方針が国土交通省より示されている¹⁾(図-1)。

こうした中、ゼネコン等では BIM の活用推進を図るための専門部署を設置するなどして、設計、施工、

維持管理の全てのプロセスをつなぐこと、さらにこれらプロセスの効率化のための取り組みを加速している。

本稿では、主にクレーンを使った鉄骨建て方において、設計プロセスと施工プロセスをつなぎ、これらのプロセスにわたって橋渡しを行う施工計画プロセスに焦点を当て(図-2)、施工計画プロセスの課題を整理し、当該課題の解決を目指したクレーン施工計画支援ソフトウェア K-D2PLANNER[®](以下、「本件ソフトウェア」という。)の機能を示すとともに、その効果の検証を試みる。



図-2 施工計画プロセスの位置づけ

2. 課題

BIM の活用は、総合設計事務所等での設計プロセスでは約 8 割、施工プロセスでは約 5 割で導入されているが、この両プロセス間での BIM 活用の不連続性が指摘されている¹⁾(図-3)。

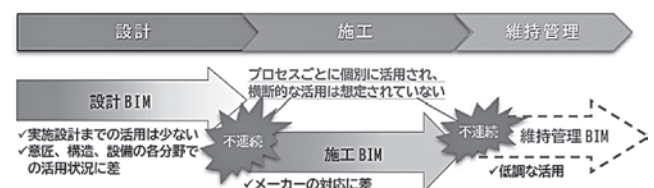


図-3 プロセス横断的な活用が進んでいない BIM

令和5年度のBIM/CIM原則適用に向けた進め方

- 令和5年度までの小規模を除く全ての公共工事におけるBIM/CIM原則適用に向け、段階的に適用拡大。令和3年度は大規模構造物の詳細設計で原則適用。
- 「発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会」の議論に合わせて、各検討項目を再整理。
- リクワイアメントは「実施内容」に合わせて「実施目的」を示す運用に修正。

原則適用拡大の進め方(案)(一般土木、鋼橋上部)

	R2	R3	R4	R5
大規模構造物	(全ての詳細設計・工事で活用)	全ての詳細設計で原則適用 ^(※) (R2が全ての詳細設計に係る工事で活用)	全ての詳細設計・工事で原則適用	全ての詳細設計・工事で原則適用
上記以外(小規模を除く)	—	一部の詳細設計で適用 ^(※)	全ての詳細設計で原則適用 ^(※) R3が一部の詳細設計に係る工事で適用	全ての詳細設計・工事で原則適用

(※)令和2年度に3次元モデルの納品要件を制定予定。本要領に基づく詳細設計を「適用」としてはる。

出典：「令和5年度のBIM/CIM原則適用に向けた進め方」第5回BIM/CIM推進委員会・令和3年3月2日より引用

図-1 令和5年度のBIM/CIM原則適用に向けた進め方

このBIM活用の不連続性により、鉄骨建て方でのクレーン施工では、以下のような課題が生じている。

(1) 手戻り

施工プロセスにおいて、例えば、先に構築された鉄骨構造物にクレーンのブームや旋回体が接触してしまうなどして施工が困難になる場合があり、この場合、先に構築した箇所を一部ばらしてから改めてクレーン作業を行うといった手戻りが生じる。また、クレーンの設置場所の地耐圧が適切でない場合、工事を止めて敷き鉄板の敷設や地盤補強等の工事を行う必要が生じる。

これらの手戻りは、工期遅延や追加コスト発生を引き起こす。

(2) 施工計画の効率

施行図面や工事計画書、また労働安全法第88条の安全計画工事届等の資料作成は、施工計画プロセスにおいて時間を要する作業の一つである。これらに必要な断面図、能力図等を作成するにあたっては、クレーンに関する仕様や能力等の情報を別途参照する必要があり、ここでは作業者の知識や経験と、多くの作業時間が必要となる。

また、現場で施工の手順や注意点を共有、議論する場として、施工検討会等がゼネコン等では開催されているが、二次元の図面等による説明では認識の共有に時間を要し、さらに参加者の理解に齟齬が生じる可能性がある。

(3) 施工計画におけるBIMの使い勝手

BIMを施工計画プロセスに活用することにより、上述のような手戻りを抑制できる可能性はあるが、鉄骨構造物の設計に使われる建築用3D-CAD（以下、「建築CAD」という。）は、その主目的である設計機能を充実させている一方、必ずしもクレーン施工計画での使い勝手がよいものとはなっていない。施工計画プロセスで建築CADを使用するにあたっては、建築CADの使用経験や知識が必要であるし、また施工計画や施工自体に関する経験や知識、さらにクレーンの仕様や能力等の知識や情報収集力が必要となる。

すなわち、施工計画プロセスでのBIM活用にあたっては、これらの知識と経験を兼ね備えた人材が必要となってくるが、このような人材は必ずしも多くない。

3. 本件ソフトウェア

本件ソフトウェアは、建築CADであるAUTODESK®社製REVIT®（以下、「本件CADソフトウェア」という。）にアドインして利用するクレーン施工計画支援ソフトウェアであり、クレーンのBIMモデルや当該クレーンの仕様および能力情報を備え、またクレーンを使った施工計画の効率化を実現するための種々の機能を備えている。

本件CADソフトウェアがインストールされたパソコンに本件ソフトウェアをインストールすることで、本件CADソフトウェア上に本件ソフトウェア起動アイコンが表示され（図—4）、本件CADソフトウェアの機能を拡張する形で使用できる。

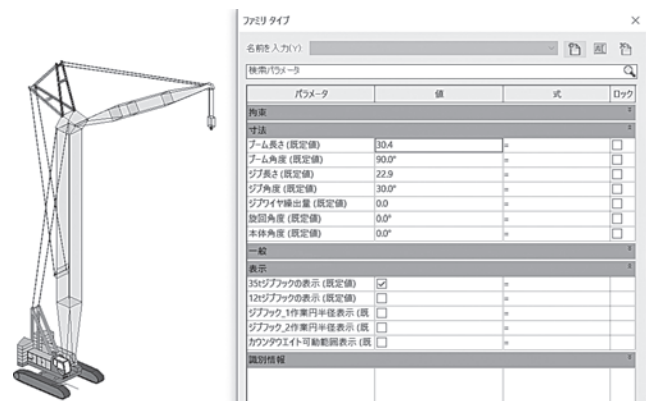
以下に、本件ソフトウェアの主な機能、特徴について説明する。



図—4 本件CADソフトウェアリボンの本件ソフトウェア起動アイコン

(1) 直感操作

本件CADソフトウェア上でクレーンを使った施工計画用の3D図面を作成する場合、通常、本件CADソフトウェア上でクレーンBIMモデルの各パラメータを個別に変更し、クレーンの姿勢を吊り対象の資材に合わせて調整する必要があり、また当該姿勢の成立性も都度確認していく必要がある（図—5）。



図—5 本件CADソフトウェア自体でのクレーンのパラメータ設定

本件ソフトウェアによれば、吊りたい資材を本件CADソフトウェア上で選択（クリック）するだけで、クレーンの姿勢は自動的に変更される。

このとき、資材の形状にあわせて吊りワイヤーの角

度60度の状態でフック位置が決定され、また、資材の上面からフック高さまでの間が干渉エリアとして画面上に表示される。これにより、吊り上げ時に資材が他の構造物等に接触する可能性を視覚的に確認することができる(図-6)。なお、この干渉エリアは、資材の平面視中心点を中心とし、当該中心点から平面視で最も遠い資材の端部を半径とした円柱状での表現もでき、資材が吊り状態で回転した場合の接触の可能性も検討できる。

また、吊り荷指定状態でのクレーンの旋回範囲、最大旋回範囲、および最少旋回範囲も視覚的に表示される(図-7)。

さらに、本件ソフトウェアのユーザインターフェースは、機能の認識を促すアイコンや、各状態での数値データをクレーンのイメージに合わせて表示するなどにより、クレーンの各部の名称などを熟知していないオペレータでも直感的に使用できる(図-8)。

(2) シミュレーション

鉄骨 BIM モデル上で確認したい資材を選択(クリック)するだけで、クレーンの負荷率や接地圧を自動的に演算し、表示できる。これによれば、施工計画時に、クレーンの種類や仕様、また対象資材やその吊り状態(鉄骨何節を接合状態で吊るかなど)などの条件を容

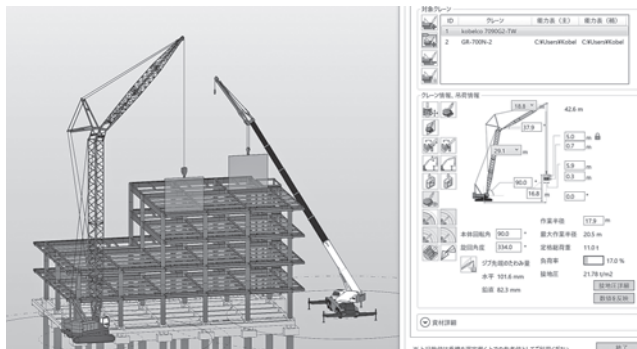


図-6 本件ソフトウェアの吊荷選択状態

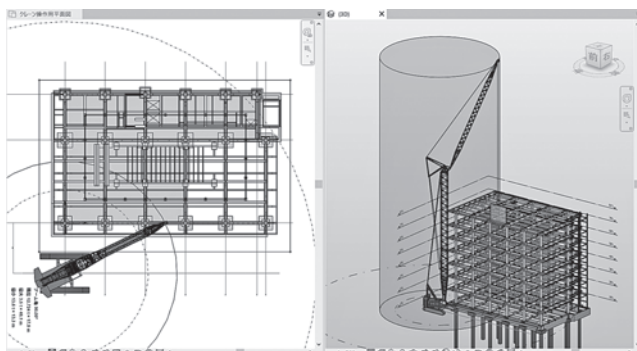


図-7 本件ソフトウェアの旋回範囲表示

易に変更できるため、トライアンドエラーを繰り返してその成立性を検討でき、またクレーン設置位置の地盤補強や敷き鉄板の厚さなどの検討にも活用できるなど、大幅な作業の効率化が期待できる。

また、吊り荷重に応じたクレーンの「たわみ」を視覚的に表示でき、これによれば、例えば仮設部材とクレーンブームの干渉チェック等において、熟練者の経験に頼ることなく「たわみ」を考慮した確認が行える(図-9)。

さらに、施工ステップごとに検討内容を登録することで、例えば各施工ステップでの鉄骨構造物の組み上がり状態ごとに、鉄骨構造物とクレーンのブームや旋回体との干渉の有無を時系列で視覚的に確認できる。

(3) 施工図面の作成

吊りたい資材を選択し、断面図作成アイコンを押すだけで、クレーンのブーム方向に沿った断面図が自動的に作成でき、さらにクレーンの作動範囲図も重畳表示できるため、例えば労働安全衛生法第88条で定められる建設工事計画届などにこれらを活用できる(図-10)。

(4) 様々なクレーンへの対応

本件ソフトウェアには本件ソフトウェア開発元建設機械メーカーのクローラクレーンのほぼ全ての仕様のク

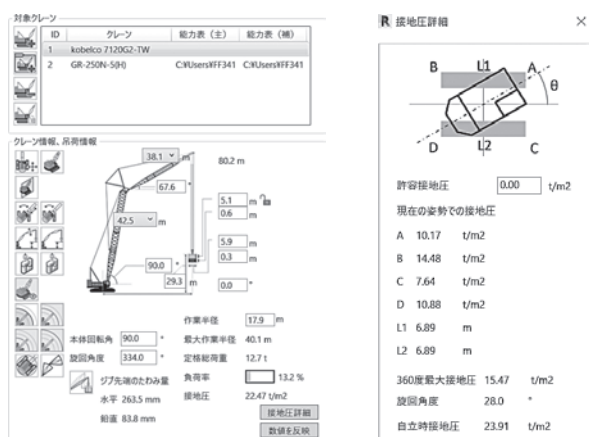


図-8 本件ソフトウェアのユーザインターフェース

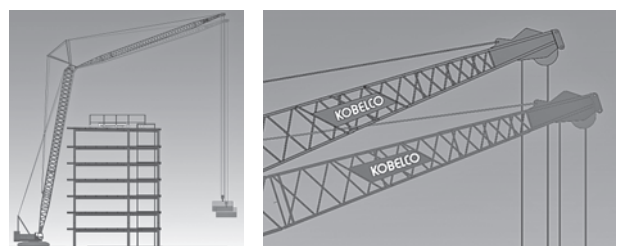
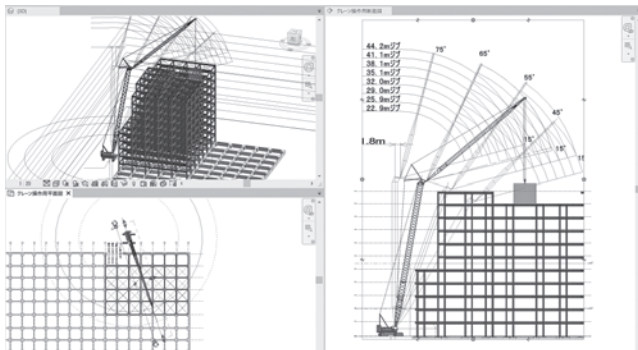


図-9 本件ソフトウェアのたわみ表示



図一10 本件ソフトウェアの断面図表示

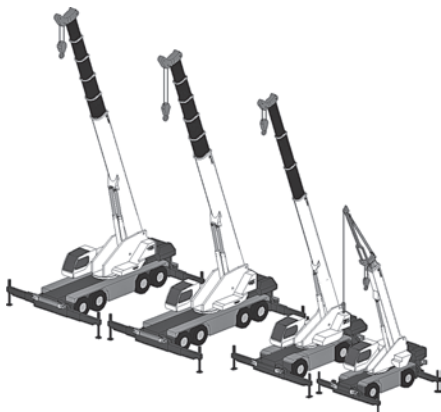
レーン BIM モデル（以下、「既登録クレーン BIM モデル」という。）が予め登録されており（図一11），利用者はこれらの既登録クレーン BIM モデルを本件 CAD ソフトウェア上に選択的に読み込んで使用できる。

また，一部のホイールクレーンについては，予め BIM モデルのファミリー集が準備されており，本件ソフトウェアに取り込んで使用することができる（図一12）。

これら以外のクレーン，またタワークレーンなども



図一11 本件ソフトウェアに登録されたクローラクレーンモデル



図一12 BIM モデルが予め準備されたホイールクレーンモデル

施工計画には用いられるが，（一社）日本建設業連合会の旗振りにより建設機械メーカー各社が用意しているクレーン BIM モデルや，ゼネコン等施工計画を行う企業が自ら作成したクレーン BIM モデルについても，本件ソフトウェアに取り込んで使用することができる（※取り込みには一部作業が必要）。

ただし，既登録クレーン BIM モデル以外については，接地圧等の自動計算を本件ソフトウェア上で行うことはできない。

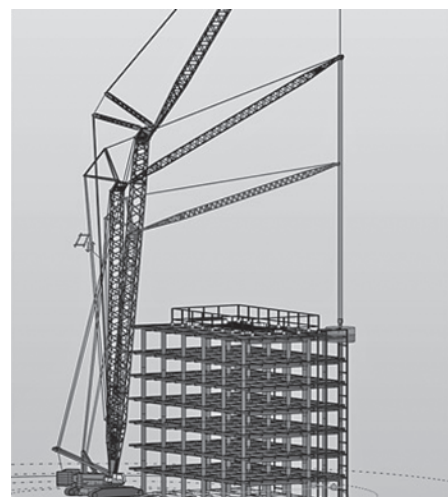
(5) クレーン選定のサポート

既登録クレーン BIM モデルについては，本件 CAD ソフトウェア上でクレーンの設置位置を定め，吊りたい資材を指定すれば，当該資材の重量情報を読み込んで，この条件で成立するクレーンおよび仕様を検索することができる。なお，条件は複数設定することができ，設定した全ての条件で成立するクレーンおよび仕様が検索できる（図一13）。成立する最少サイズのクレーンを選定でき，施工コストの最少化の検討をサポートする。

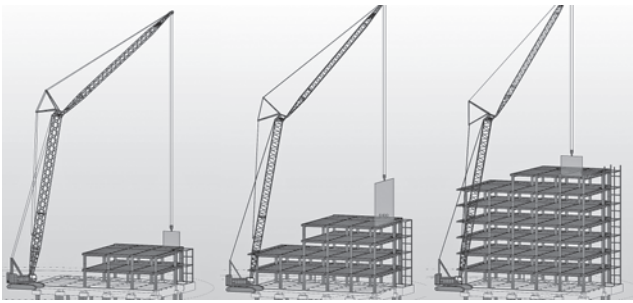
(6) プレゼンテーションでの活用

施工計画の施工ステップを，日時情報を持たせた四次元情報としてタイムラインで登録できる。これを活用することで，施工計画の検討結果をいつでも視覚的に再現できる。施工検討会等でのプレゼンテーションで活用すれば，設計プロセス，施工計画プロセスの情報を施工プロセスで共有でき，情報伝達の効率化が図れる（図一14）。

さらに，AUTODESK[®] 社製 Navisworks[®]（以下、「本件ビューワーソフトウェア」という。）にこの結果を出力することができる。本件ビューワーソフトウェア



図一13 本件ソフトウェアによるクレーンの検索



図一14 本件ソフトウェアによる施工ステップの登録

は現場施工の関係者と施工計画を共有を容易にするソフトウェアである。本件CADソフトウェアは建築設計に主に用いられるため高性能なパソコンが必要で、かつ使用には一定の知識と経験も必要となるが、本件ビューソフトウェアはレビューに特化したソフトウェアであり、タブレット等での使用もできるなど施工現場での扱いも容易であり、施工現場で簡単に四次元情報に基づく施工計画を共有できる(図一15)。

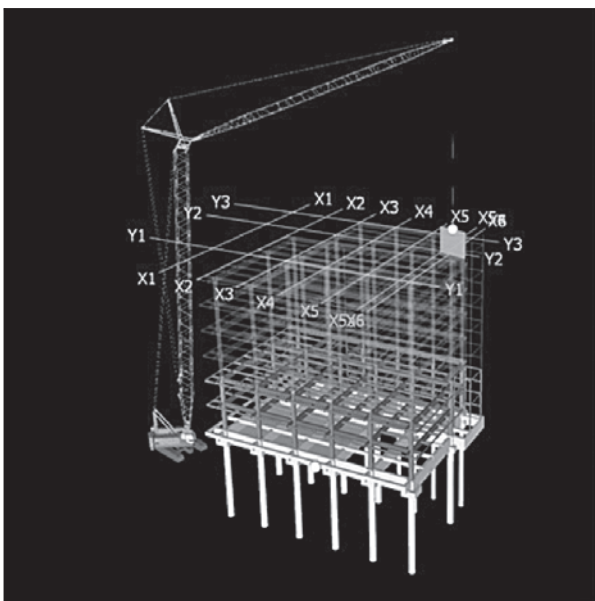
4. 効果検証

(1) 定量効果計測の試み

施工計画でのBIM活用を推進するにあたり、作業内容を以下の4段階に分け、それぞれの項目について、本件ソフトウェア有無での工数の差を計測することを試みた。

①施工計画段階

- ・重機選定
- ・各施工ステップの安全性確認



図一15 本件ビューソフトウェア出力状態

- ・断面検証
- ②作図
 - ・施行図面作成
 - ③施工プレゼン
 - ・施工検討会等
 - ④現場への共有

本件ソフトウェアの開発にあたっては、開発初期からBIMの課題等の洗い出しについてゼネコン等(以下、「評価者」という。)にヒアリングを行い、評価版の本件ソフトウェアによる評価を得ている。また、この内の一社には検証パートナーとして継続的に種々の協力を得ている。

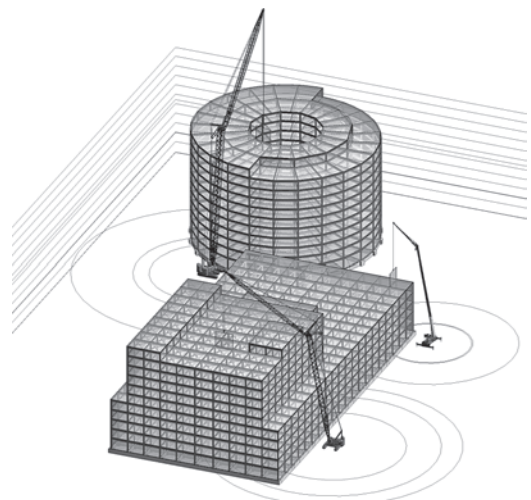
検証パートナーと効果計測の方法について検証したところ、建物の形状が複雑であるほど本件ソフトウェアの効果は強く発揮されるため、常に一定の条件で効果計測ができるよう、効果計測専用の鉄骨BIMモデルを作成する必要性が示唆された。

これを受け、効果計測用鉄骨BIMモデルを作成した(図一16)。当該BIMモデルは、実際の施工例を基に、クレーン施工計画で工数が発生する要素を取り込んだものである。

本稿執筆までに当該モデルを使った効果計測は実施できていないが、今後、効果計測基準について研究をさらに進め、効果計測用鉄骨BIMモデルを使用した本件ソフトウェアによる工数削減効果の手法を確立し、今後、本件ソフトウェアの機能改善時にも同様の基準で効果検証を行っていく。

(2) 定性効果

検証パートナーおよびその他評価者からは、本件ソフトウェアによる施工計画の作業効率化と、施工計画



図一16 効果計測用鉄骨BIMモデル

および施工自体の品質向上と手戻り防止によるコスト削減効果という点で評価を得ている。特に、施工計画者の熟練度に頼ることなく、施工計画の正しさを検証できるとのことで、2.(1)で述べた手戻りに対する抑止効果が大きいとの評価を得た。

また、本件ソフトウェアのようなアドインソフトウェアを使うことで、施工計画におけるBIM活用が容易となり、BIMの施工計画プロセスへの導入ハードルが下がることで、BIM活用の推進を加速できるとの期待も寄せられている。

5. おわりに

設計、施工から維持管理までをBIMを活用して行うことで、今後の建築施工は大きく変化していく。

本件ソフトウェアは、建築CADを使った施工計画を行うにあたり、専門的な知識や経験を過度に必要とすることなく、直感的な操作性と、必要な情報を容易に取得できるようにすることで、設計と施工をよりシームレスにつないでいくことを目指したものである。

本件ソフトウェアは、評価者から様々な指摘や提案を受け、これらを反映してきている。しかしながら、未だ利用者のニーズに対応できていないところもあり、また製品版の利用者の増加に伴い新たな課題が顕在化してくることも予測される。今後、本件ソフトウェアの改善や機能追加を図るとともに、効果計測基準の

研究も継続し、引き続き建設施工におけるBIM活用の促進について貢献していく。

最後に、本件ソフトウェアの評価版を使用いただき、多くの有用な指摘をいただいた検証パートナーおよび評価者に感謝の意を表する。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 国土交通省「建築分野におけるBIMの標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン（第2版）」

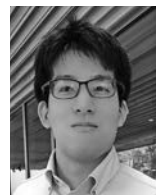
【筆者紹介】



田中 精一（たなか きよかず）
コベルコ建機㈱
企画本部 新事業推進部
新事業企画グループ
グループ長



岡田 哲（おかだ さとし）
コベルコ建機㈱
企画本部 新事業推進部
新事業プロジェクトグループ
マネージャ



高松 伸広（たかまつ のぶひろ）
コベルコ建機㈱
企画本部 新事業推進部
新事業プロジェクトグループ