

建築インフィルの静脈ロジスティクス支援ツールの開発

研究代表者
東京大学生産技術研究所
野城智也

1. はじめに

図1に示すように、建築のスケルトンを長期にわたって使いながら、刻々と変化する社会経済条件に適合して建物のインフィルを更新していくことができるようになれば、既存建築ストックの有効活用することによって、都市の活力を生んでいくことができることが期待される。

但、更新されるインフィルを単に廃棄してしまうのであれば、かえって廃棄物量を増加させてしまうおそれがある。図1に示すような考え方が、都市全体の資源生産性を向上させることに寄与するためには、単に既存建築ストックのスケルトンの長期使用するだけでなく、インフィルの使い回しを実現し、資源生産性が飛躍的に向上させていく必要がある。

研究代表者らは、このような問題意識のもとに、使い回しを実現するための、着脱性の高いインフィルシステムを開発してきた(参考文献)。しかしながら、現実の経済社会において、インフィルの使い回しが実現していくためには、着脱性の高いインフィルシステムという物理的な装置(ハード)が用意されるだけでは必要十分ではなく、図2のダイアグラムに示すような、使い回しを効率的にオペレーションしていく静脈ロジスティクスの仕組み(ソフト)が成立していかなければならない。

本研究は、このような認識にたつて、建築インフィルの使い回しによって、価値の高い居住空間や就業空間を安価に調達できるようになることをめざし、建築インフィルの静脈ロジスティクスを稼働させるため、建築インフィルにかかわる「もの」の動きと、「サービス」の動きを管理できる情報支援ツールを開発することを目的とするものである。

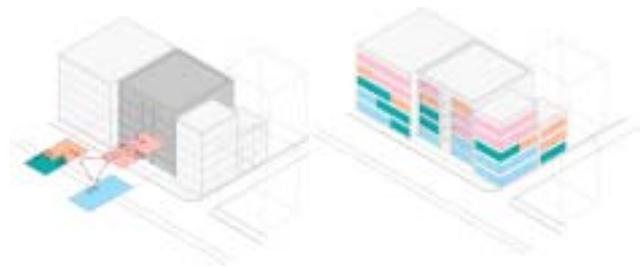


図1 インフィルの更新による既存ストックの活用

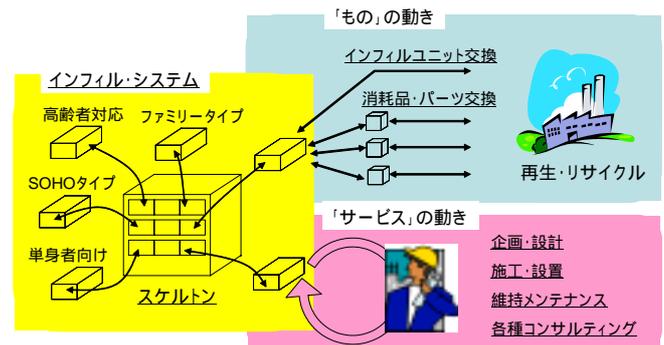


図2 使い回しを効率的にオペレーションしていく静脈ロジスティクスのイメージ

2 研究開発組織

本研究開発は、次のようなメンバーで遂行した。
野城智也：東京大学生産技術研究所教授(代表)

大塚雅之：関東学院大学工学部教授

片山圭二：東急建設(株)

河西敏則：(社)リビングアムニティ協会

山田広信：伊藤忠丸紅テクノスチール(株)

西本賢二：東京大学生産技術研究所助手

3 研究開発の概略手順

本研究開発は、プロセスモデルの策定と、データベース群の基本構成の設計を並行して進めたうえで、

ICタグを活用したツールプロトタイプの試作を行った。

4. プロセスモデルの策定

静脈ロジスティクス支援ツールは、インフィルの情報を継続的に管理することで、維持管理段階以降のインフィルのオペレーションの無理・無駄を省くとともに、ユーザーに対してワンストップのサービスを提供することを可能にすることをめざすものである（図3）。換言するならば、静脈ロジスティクス支援ツールは、インフィルの構成部材の仕様、維持修繕履歴などの情報を一元的に管理することによって、多主体によって行われるインフィルの設置・維持保全・撤去・再利用の一連の業務の効率化を図るものである。

静脈ロジスティクス支援ツール開発の前提として、業務プロセスをモデル化していくことにした。既に静脈ロジスティクスの業務が現実に定着しているならば、その実態を観察調査することによって、プロセスモデルを構成していくことができる。しかしながら、このような静脈ロジスティクスは現実には行われていない。かといって、実際のインフィルを用いた静脈ロジスティクスを模擬的に遂行する社会実験を行うことは、その大きさや費用の面からみても現実的ではない。

そこで、本研究開発では、いわゆるロール・プレイング・ゲームを行うことにより、その業務プロセスとそこで発生する情報ニーズ及び情報の生成・加工・交換状況を予想していくこととした。具体的には、約10名の被験者に、それぞれ静脈物流に関与してくる主体の役割を与え、インフィルを使い回すプロセスの中でどのような情報のやりとりが発生するのかを、インフィルのブロック模型（写真1）を用いた仮想物流模擬実験を行って把握していった。

実験においては、インフィル構成部品の工場での製造からはじまって、設計、施工、維持管理、取り外し・解体、再生・廃棄に至るまでのライフサイクル・プロセスを模擬的に進行させていった。そして、そのそれぞれの段階で、インフィルの物理的様態・場所がどのように遷移するのか、その遷移過程で各主体がどのような業務を行うのか、その業務のためにはどの主体とどの主体の間で情報のやりとりが発生するのか、そのやりとりの過程でどのような情報がどのように生成・加工されるのか、について記録をしていった。

この記録をもとに、ライフサイクルの間に生成・加工・交換する情報を、サービスの「行為（タスク・ノード）」にかかわる情報と、インフィルの「もの」にかかわる情報とに分類した。

これらをもとに、インフィルサービスに関するプロセスモデルを、サービスのオペレーションを対象とした

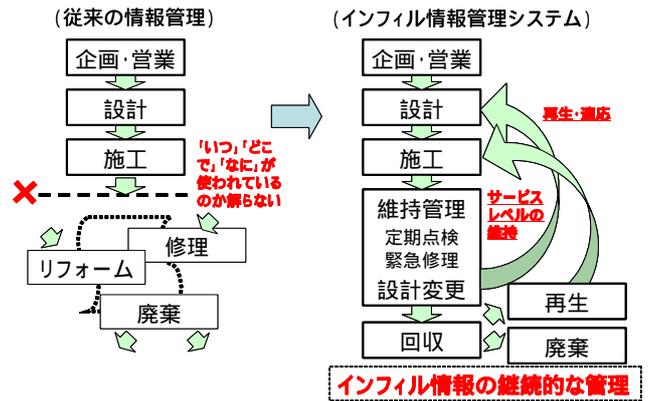


図3 静脈ロジスティクス支援ツールの機能



写真1 静脈ロジスティクス実験用ブロック模型

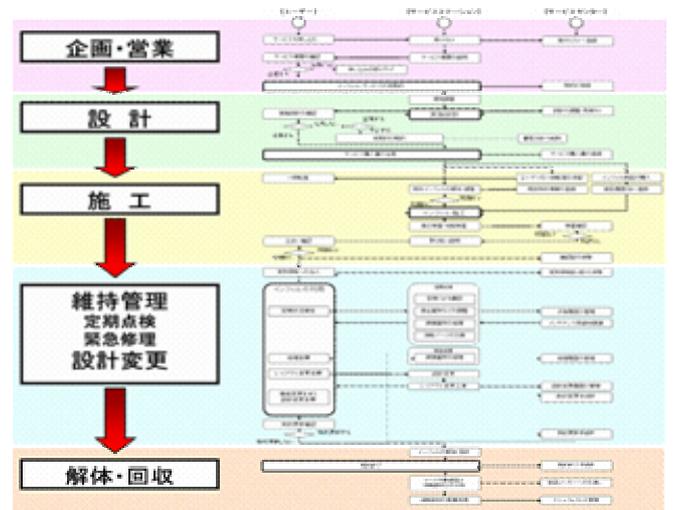


図4 サービスワークフロー図

ワークフロー図（図4）と、インフィルの物理的な状態を対象とした状態遷移図（図5）として記述した。サービスワークフロー図は、ライフサイクルの各段階で、インフィルのユーザーと、サービスの実行主体、サービスの運営主体の間で、どのような情報が生成・交換されながら、サービスが提供されているのかをフロー図としてあらわしたものである。

状態遷移図は、インフィルの物理的様態・場所がどのように遷移していくのかをあらわすとともに、後述する標識情報としてのICタグをどの単位で貼ればよい

のか検討した結果を示したものである。

5. データベース群の基本構成の設計

策定されたプロセスモデルを参考に、静脈ロジスティックスを含むライフサイクルの各段階に利活用される情報を把握し、これをもとに図6に示すように、次の2つの群から成るデータベースの基本構成を設計した。

(1) プロダクト・データベース群

使い回されるインフィルを取り巻く「もの」の状態情報を管理するものであり、次のようなデータが格納される。

- a. インフィルの仕様情報、点検・補修履歴情報など、インフィル本体にかかわるデータ
- b. 設置されたインフィルの接合部仕様・様態などインターフェースにかかわるデータ
- c. スケルトン、インフィルの配置、設備システムにかかわる設計データ

(2) オペレーション・データベース群

インフィルのライフサイクル・マネージメントにおける種々の「行為」情報を管理するものであり、次のようなデータが格納される。

- a. 顧客情報に関するデータ
- b. 契約情報（サービスプログラム）に関するデータ
- c. サービス供給主体間の提携（アライアンス）関係を含むサービス実施主体に関するデータ

本研究では、上記の二つの群に格納されるデータがどのような構造でデータベース化されればよいのかを検討した。検討にあたっては以下の2点を考慮した。

- a. これらのデータベース群を単一の主体が構築・維持更新していくことは、建設産業の分業構造からいって現実的ではない。むしろ、その更新管理のリードタイムなどを考慮した場合、各情報を直接業務で扱う主体がそれぞれのデータベースを分散管理することが現実的であると考えられる。
- b. また、同一のカテゴリに属する情報でも、図7のイメージに示すように、業務段階によって必要になってくる情報の粒度に差異があると想像される。

これらのことを考慮すると、静脈ロジスティックス支援ツールを有効に稼働させる為には、情報の利用局面ごとに、図8に示すように、分散管理されているデータベース間のリレーションを定義し、これをもとに情報検索のためのユーザーインターフェースを設計していくことが必要になることが判明した。そこで、静脈ロジスティックスの支援ツールのプロトタイプを試作するにあたって、リレーション関係の定義を実装していくことにした。

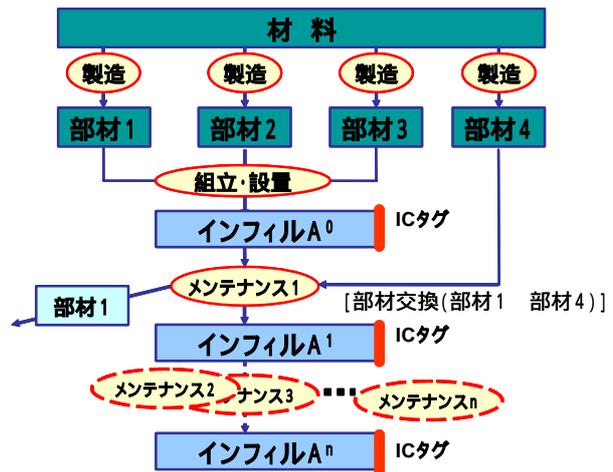


図5 インフィルの状態遷移例図

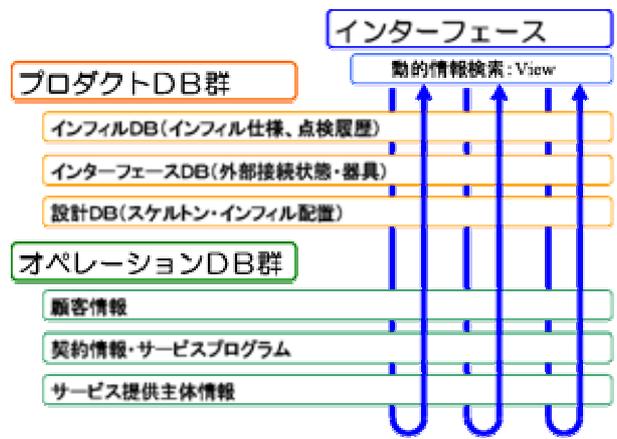


図6 データベース群構成

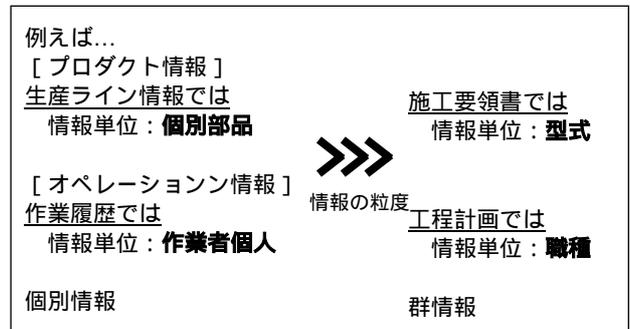


図7 情報の粒度のイメージ

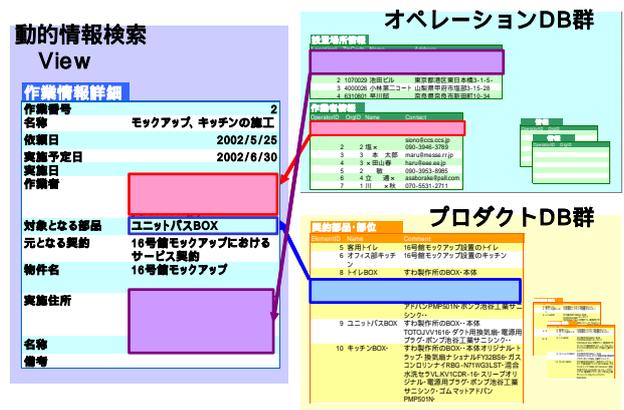


図8 データベース間のリレーションのイメージ

6 ICタグを活用したツールプロトタイプ試作

以上の検討を踏まえて、静脈ロジスティックスの支援ツールのプロトタイプを一部試作してみた。試作にあたっては、標識情報として、ICタグを用いてみることにした。

試作されたのは、図9に示すような、インフィル構成材の維持管理及び撤去において、現場で情報を検索し処理するツールである。これは、次のような機能を満たすことを意図して試作されたものである。

- オンサイトにおける情報検索の省力化
- オンサイトでの仕事の事前準備を可能にすること。言い換えれば、現場で情報検索・物品の手配をすることの無駄を省くこと
- ロジスティックスのサービスに関与する各主体での更新情報の共有

試作されたプロトタイプにおいては、モバイル端末等を用いID識別情報を格納したICタグにアクセスすることによって、端末とネットワークデータベース上の詳細情報が連動されている。図10、11に試作されたプロトタイプの利用例を示す。

図10は、インフィル情報を入手する画面を表しており、以下の情報を入手することが可能である。

- インフィルを設置しているスケルトンの設計情報
- インフィルのインターフェース情報（画像＋テキスト）

c. インフィルの製品メーカーのhtml情報
情報の入手にあたっては、それぞれの情報が管理されているデータベースから適合する情報を検索し、抽出する。

図11は、インフィルの維持管理作業の履歴の入力を行うための操作画面で、維持管理作業の担当者が、現場で作業内容を入力・登録することによって、該当データベースに情報を蓄積させるものである。このようなデータの蓄積があってはじめて、再利用・再資源化に対して有効な静脈ロジスティックスを稼働させることが可能になる。

試作されたオンサイト情報管理ツールを用いることによって、以下のような効果を生むことが期待される。

- 実際に現場に行ってみないと修理する場所や部品、用意すべき交換パーツの種類が判らないことから発生する手戻りなどの無理無駄を抑える
- 過去の維持管理履歴を参照することによって作業を効率化させる。

しかし一方で、以下の点が課題として明らかになった。

- 現場での入出力作業が中心となることから、操作パターンを絞り込みラジオボタンやプルダウンメ

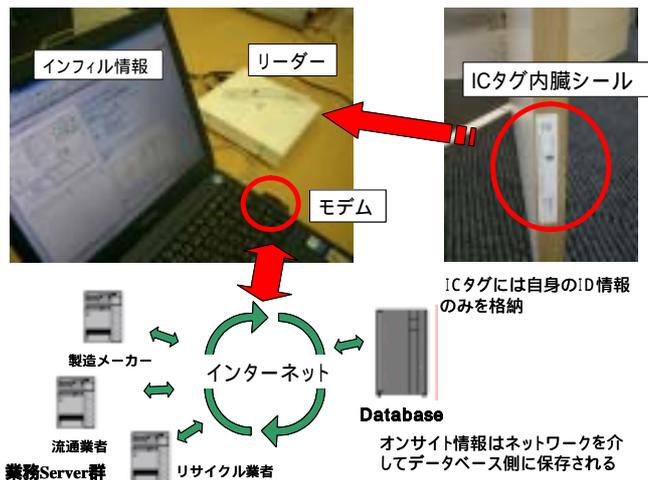


図9 試作オンサイト情報管理システムの概要



図10 インフィル情報の入手画面

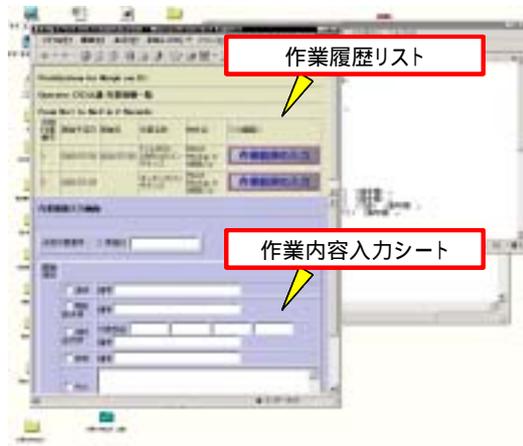


図11 メンテナンス作業履歴入力画面

ニューを使う等、作業者のリテラシーに対応したインターフェースの設計に留意する必要がある。

- 試作したツールでは端末にPDAと専用リーダーを用いているが、これが図9に示すような大きさをもつことから、現実的に全作業者が専用機材を持つことは困難であると想像される。現場にも容易に携帯していけるようなコンパクトな機材構成をとることが必要である。
- 維持管理履歴情報の共有が維持管理の実効性と効率を向上させることが有効であると期待されてい

るものの、インフィル・メーカーからは、製品開発上の重要機密であるという認識があり、その内容を複数の企業で共有することは現段階では難しいのではないかといった指摘もあった。このような企業情報のアクセス権の管理、及び顧客のプライバシー保護についてはさらに詳細に詰めていくことが必要である。

7. IC タグの利用に関する検討

以上のプロトタイプを試作の過程で、IC タグを建築分野で利用するにあたってのポイントについて検討し、表1に示すようにまとめた。

(1) IC タグの耐久性

データ保持期間は明確でない IC タグ製品が多い。そこで、IC タグの開発関係者に聞き取りをおこなってみたがその見解の幅は3~10年と大きかった。いずれにしても、IC タグの耐用年数は建築物の耐用年数より短いことから、ライフサイクルを通した利用を行う場合には、タグを貼り替える業務計画も用意しておく必要があると考えられる。

(2) ID 設定

静脈ロジスティックスに至るまでの建築のライフサイクルの各段階では多くの主体が携わる。そこで、資材を管理するタグのIDについては、設定方法がルール化されているか、もしくはタグの製造段階に自動的に割り振られているかによって、唯一性が保たれていることが求められる。

(3) 認識距離・指向性

天井等の高所や下地材など隠蔽部の部材といったタグ・リーダーを寄せることが困難な建築構成材の管理を行うには、ある程度の認識距離があるタイプのIC タグを用いることが望ましい。試作を進めた段階では、IC タグの認識距離が数cm程度のものが主流であったが、現在IC タグにUHF帯の割り当てが検討されており約10m程度の認識距離が期待出来るため可能性は広がっていると考えられる。

(4) 管理情報の対象のズレの補正

建築物は構成材がアッセンブルされて出来上がっていく関係上、生産段階において情報管理される資材の状態が変わるケースが多い。例えば、施工される段階において加工を伴うため、資材は現場納品時の形態を留めないことや、現場納品段階では一梱包単位で情報管理していたものが梱包を解いた段階で個々の部品単位で情報管理する必要が生じることなどが挙げられる。インフィルのライフサイクルの情報管理をIC タグによって一貫通貫に行うためには、このような情報単位のズレを吸収する必要がある。

表1 建築分野におけるIC タグ利用のポイント

	ICタグの性能項目	ICタグの利用ルール
建築物は生産及び利用の期間が長期にわたる	ICタグの耐久年数	耐久性が無い場合、タテを貼り替えるルールの設定
ライフサイクルを通じて数多くの主体が関わる	ID設定方法	多くの主体が一つのICタグにアクセスするケースが考えられ、予めタグにユニークなIDが設定されていることが望ましい
「完成品」である建物の物理的規模が大きい	識別可能距離指向性	ICタグを貼る場所のルールの設定 隠蔽部や高所など、距離が離れた資材の認識方法
多くの資材によって構成され現場で組み立てられる		インフィル情報を(部材群)+(アッセンブル)として定義する管理情報の階層構造の設定

8 まとめ:試作ツールの利用局面

そのプロトタイプを試作したオンサイト情報管理ツールは静脈ロジスティックスに至るライフサイクルの各段階で利用されることで以下のような効果を生んでいくことが期待される。

(1) インフィルの生産・物流段階

他の流通業・小売業と同様に、製造(ロット)情報管理、物流情報(発注情報・納期・在庫・検収)管理を行ないその生産・物流効率を向上させる。

(2) 設計・施工段階

現場内での資材ストック状況の把握と資材トレーサビリティを確保する。また、施工情報と設計図書を照会させ、施工検査・品質確認に用いる。これは、建築物の状態情報を補完し、維持管理段階への正確な情報を継承させることになる。

(3) 維持管理段階

インフィル構成材の個別情報を事前入手することによる手戻りの発生を抑制し、維持管理履歴の蓄積・継承によって業務の効率化がなされる。

(4) 建築価値の評価段階

インフィル構成材にその仕様・履歴等の情報が貼付されることにより、既存建築の価値向上の前提となる次のようなことを可能ならしめる。

- 中古市場流通における品質情報の流通
- インフィルの譲渡担保動産としての登記

(5) 解体・静脈物流段階

廃棄を行う段階でIC タグを読み込むことで、従来のマニフェスト管理を自動化・効率化させる。IC タグを手がかりに製品仕様が容易に把握されることから、再利用される可能性が高められるとともにその静脈ロジスティックス効率が向上する。また、仮に廃棄・エネルギー回収される場合もIC タグを手がかりに分解方法・材質・組成が容易に把握され、より有効なりサイクルをすることができるようになる。