



Osaka Gakuin University Repository

Title	建設業におけるサプライチェーン・マネジメントについての研究 A Study on Supply Chain Management in the Construction Industry
Author(s)	宮本 寛爾 (Kanji Miyamoto)
Citation	大阪学院大学 企業情報学研究 (OSAKA GAKUIN CORPORATE INTELLIGENCE REVIEW), 第 10 巻第 1 号 : 65-92
Issue Date	2010.07.30
Resource Type	ARTICLE/ 論説
Resource Version	
URL	
Right	
Additional Information	

建設業におけるサプライチェーン・マネジメントに ついての研究

宮本 寛爾

A Study on Supply Chain Management in the Construction Industry

Kanji Miyamoto

ABSTRACT

Over the last two decades, both service and manufacturing organizations have recognized supply chains as a new way of doing business. The mergers and purchases of worldwide retailers are one clear indication that their executives think of supply chains as a way to achieve a high level of performance. Also, manufacturing environments have changed by the development of information technology, globalization, and sophisticated customers' needs. Therefore, its supply chain is complex, global, and dynamic.

In recent years, the construction industry has recognized supply chains as an important way to improve the performance of projects.

This paper aims to provide modeling approaches for construction supply chains. First, it reviews perspectives and concepts of supply chain production modeling, including three decision categories based on the timing of making their decisions and the range of periods which a decision gives impact. Second, it is to explore how manufacturing supply chain concepts can be transferred to the construction context in order to improve production efficiency and reduce project costs. But, construction industry characteristics are different from manufacturing production supply chains. So, some of the key differences between them are investigated. Finally, it proposes and describes a conceptual framework to model construction supply chains.

I はじめに

製造業および小売業における厳しい競争と国際化の進展がサプライチェーン・マネジメント (supply chain management) の重要性を増す要因となっている。大規模小売業者の世界規模の合併および買収はこの業界の経営者がサプライチェーン (supply chain) を重視している現れである。また、製造業界は益々グローバル化しており、グローバルなサプライチェーンの設計および管理が重要になっている。

今日、製造業者および小売業者が地域規模あるいはグローバル規模で経営活動しているので、これらの業界のネットワークは非常に複雑になり、より精緻な経営管理が必要になっている。ここに、高品質の、信頼できる情報システムが必要である。このシステムは陳腐化した製品が製造されないように、市場需要の変化を迅速に、かつ正確にグローバルに展開されているサプライチェーンに伝達できなければならない。

サプライチェーンは顧客が欲する製品を、適正な価格で、適切な品質水準で供給するための業務の連鎖であることが必要である。すなわち、サプライチェーン・マネジメントは原価削減に効果的であり、ニーズの多様化する顧客に彼らの欲する価値の製品を供給する新しいフレームワークを構築すべきである。本稿は製造業および小売業で開発され、発展しているサプライチェーン・マネジメントが建設業界でいかに採用されているかについての研究である。

II 製造業のサプライチェーンの概念

1. サプライチェーンの定義

R. Gancshan and T. P. Harrisonによれば¹⁾、サプライチェーンは原材料の調達、これらの原材料の中間製品および製品への加工、そしてこれらの製品の顧客への配送に至る一連の活動が実施される設備や配送の選択肢のネットワークである。サプライチェーンは製造業と小売業の両組織に存在するが、サプライチェーンの複雑性は産業間および企業間によって非常に異なる。

M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば²⁾、サプライチェーンは原材料および部品の供

1) (1) R. Gancshan and T. P. Harrison (1995), *Introduction to Supply Chain Management*, Pennsylvania State University, <http://simaril.smeal.psu.edu/misc/supply-chain-intro.html>, p.201.

2) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), *Construction supply chain modeling : Issues and perspectives*, in: W. J. O'Brien, C. T. Formoso, R. Vrijhoef, and K. A. London, *Construction Supply Chain Management, Handbook*, CRC Press, p.2-3.

給業者、製造業者、輸送業者そして顧客を含んでいる多様な段階の連鎖である。地理的に分散している複数の企業が各段階で連携している。例えば、サプライチェーンの焦点となる製造業者は多くの供給業者から材料を受入れ、生産した製品を多くの配送業者に供給している。サプライチェーンは複雑で、かつ動的であり、そして異なりかつ独立した段階の間の情報（予測、指令、スケジュールなど）、材料（部品および完成品など）、および資金の不断のフローの連鎖である。これらのフローの適切な管理は顧客の期待に応え、かつサプライチェーン・コストを適切な水準に維持するために必要である。

M. Azambuja and W. J. O'Brien は、企業の直面している顧客の期待およびサプライチェーンの不確実性（需要と供給）についての理解が、その市場の要求を満たすのに十分なケイパビリティあるいは能力を開発するのに欠くことができないと述べ、さらに、サプライチェーンは製品の特徴と期待されている業績の組合せにより、サプライチェーンの反応ケイパビリティかあるいは効率ケイパビリティのいずれかを重視しなければならないと述べ、サプライチェーンの2種類のケイパビリティについて、次のように説明している³⁾。

サプライチェーンの反応ケイパビリティは広い範囲の需要量に対応することができ、短いリードタイムを達成でき、多種の製品を取り扱うことができ、高いサービス水準を達成することができ、そして供給の不確実性に対応することができることである。しかし、この反応ケイパビリティを維持するためには多額のコストが発生する。このコスト増加は第2のケイパビリティ、すなわち効率ケイパビリティを追求することとなる。サプライチェーンの効率ケイパビリティとは、製造コストおよび製品の顧客への配送のコストについて、それらのコストが低ければ低いほど、サプライチェーンの効率は優れていることである。

サプライチェーンの反応と効率のケイパビリティのいずれを重視するかは、次の5つのサプライチェーン・ドライバーについての意思決定により決定される⁴⁾。これらの意思決定の適切な組合せがサプライチェーンのケイパビリティの種類を決定する。

- ① 製造：市場はどんな製品を欲しているのか。どの製品をいかほど、いつまでに製造すべきか。
- ② 在庫：どんな製品がサプライチェーンの各段階でいかほど在庫されるべきか。いかに程の在庫が原材料として、仕掛品として、あるいは完成品として保有されるべきか。
- ③ 立地：生産設備および倉庫はどこに設置されるべきか。製造にとって最もコストの効率的立地および在庫保有にとって最もコスト効率的立地はどこか。
- ④ 輸送：棚卸資産がサプライチェーンの1つの立地から別の立地にいかに移されるべ

3) *Ibid.*, pp.2-3 and 2-4.

4) *Ibid.*, p.2-4.

きか。いつ、いかなる輸送方法を使用するのがよいのか。

- ⑤ 情報：いかなるデータが収集され、そしていかなる情報が共有されるべきか。適時の、正確な情報がより優れた調整および意思決定を保証する。

表1はこれらの意思決定ドライバーに基づくサプライチェーンの反応および効率ケイパビリティの特徴を要約している。

表1 サプライチェーンの反応と効率の特徴

意思決定ドライバー	サプライチェーンの反応	サプライチェーンの効率
製造	過剰生産能力 弾力的生産 多数の小工場	過剰生産能力はまずない 限定された生産 少数の主要工場
在庫	高水準の在庫 多数の品目	低水準の在庫 少数の品目
立地	顧客に近い多数の立地	広い地域に少数の立地
輸送	頻繁な輸送 速いかつ弾力的方法	少ない大規模輸送 遅いかつ安い方法
情報	適時に正確なデータを収集し、共有する	情報コストは、他のコストを高くして、減少する

(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-5.

2. サプライチェーンの意思決定の種類

M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば⁵⁾、5つの意思決定ドライバーが異なる期間の長さおよび頻度で行われる。意思決定が行われる頻度および意思決定が影響を与える期間の長さの相違により、3種類のサプライチェーン意思決定がある。すなわち、サプライチェーン戦略、サプライチェーン戦術、およびサプライチェーン業務である。戦略的計画は、一般的に、サプライチェーン構成、生産設備および倉庫設備の立地と能力および異なる輸送距離により効率的な輸送方法のような長期期間にわたる決定である。

サプライチェーンの戦術的計画はサプライチェーンが1期間に機能する業務方針を決定する。戦術的計画は在庫管理、製造および配送の調整、マテハン、および注文と運送の結合についての決定である。

5) *Ibid.*, pp.2-4 and 2-5.

業務レベルでは、サプライチェーンの構成が固定されており、業務方針が明示されている。この期間は毎週あるいは毎日であり、その意思決定は作業員計画、輸送ルート計画、材料補充および包装のような日常業務についてである。サプライチェーンの業務レベルの目的は、決められた構成および方針という制約の下で、不確実性を減少させて、サプライチェーン業務を最も効率的なものにすることである。

3. サプライチェーン構成での問題点

サプライチェーン構成（独立した企業、プロセスと製品、異なる企業間の相互作用の領域）についての理解は、サプライチェーンの業務およびリスク全般を理解するのに役立つ。

R. H. Hayes and S. C. Wheelwright は生産方式をそのプロセス構造（すなわち、材料が設備を移動する方式）の相違により 4 種類に分類している⁶⁾。すなわち、個別生産、バッチ生産、組立生産、そして連続生産であり、各生産方式により異なる種類の製品が生産されている。これらの生産方式と製品との関係について、次のように説明している。

個別生産は、一般的に、少量でかつ顧客の特別あつらえの注文製品（例えば、業務用印刷機）を生産する。各製品は、通常、独特の性質であり、顧客希望の設計図および仕様図に基づき生産される。複数の少量バッチが同一設備によって非常に多様な手順で生産される。そのバッチ量は特殊製品種類の単位数と同数であり、それらは他の製品の生産を開始する前に生産される。個別生産の作業員は典型的に広範囲の生産技術を有しており、そこでの装置の利用が100%であることは希である。

バッチ生産は大型装置などの生産方式であり、非連続のラインフロー・プロセスとして特徴づけられる製造構造である。会社が数種の製品（顧客がある種のあつらえを注文することができる）を製造するだろうけれども、通常、製造の経済規模の観点から、多様な選択肢を有す数種の基本モデルを提案している。これは個別生産方式からフロー生産方式へ移行させることができる。このフロー生産方式では、特定のモデルのバッチが一連のワークステーションあるいはおそらく低操業度の組立ラインによって生産される。このため、多くのプロセスが繰り返され、そして工場全体に仕掛品の円滑なフローを創りだしている。

組立生産は自動車や家庭用器具を生産し、自動化組立ラインの連続生産プロセスである。各生産工程が標準化され、かつ自動化フローで実施され、そしてすべての製品が非常に類似している。最後に、連続生産は石油や砂糖の精製のような常時使われる製品の生産である。この方式は高度に専門化され、非弾力的で、かつ資本集約的であるが、標準化された

6) R. H. Hayes and S. C. Wheelwright (1979), Link manufacturing process and product life cycles, *Harvard Business Review*, 57, January-February, pp.134-135.

製品の大量生産に適合しており、低変動費で生産できるという利点を有している。

4種類の生産プロセスとそれぞれの製品の関係はそれぞれのサプライチェーンを構築し、各サプライチェーンではそれぞれ異なるリスクが発生する。例えば、連続生産において、年間の見積需要量を製造する生産能力の設備を保有しているとする。しかるに、実際需要量が見積需要量を超えるとき、それに対応できないというリスクがある。

T. Davisによれば⁷⁾、サプライチェーンにはそれを悩ませている3種類の不確実性の原因がある。顧客サービスへの影響を十分に理解し、そして業績を改善することができるためには、これらの各々が測定され、そしてそれらに取り組むことは欠くことができない。また、3種類の不確実性の全系列に及ぼす影響が理解されねばならない。これら不確実性の源泉は供給者（配送の遅れ）、製造工程自体（機械の故障や修理などによる生産の中断）、および顧客需要の不確実性の3種類である。なかでも、最後の顧客需要の不確実性がサプライチェーンに最も大きな影響を与える不確実性である。

不確実性によるリスクを緩和する方法は、企業の特長やサプライチェーン全般の多様化により異なるが、管理者は当該サプライチェーンの戦略的位置にバッファ（buffer）を配置することとなる。バッファは変化あるいは資源不足に対して生産システムを保護するために使われる緩衝資源である。このバッファには3種類ある。すなわち、緩衝在庫、緩衝能力、および緩衝時間である。

緩衝在庫は原材料、仕掛品あるいは製品の備蓄である。緩衝能力は製造が計画より遅れた場合に利用される余分の利用可能な生産能力である。緩衝時間は潜在的变化に対応するべく計画に組み込まれた余裕時間である。

バッファに関係するもう一つの問題は、顧客需要の変動（すなわち数量や多様化）からサプライチェーンでバッファとして働く戦略的蓄えの分断点である。技術・設計の注文で製造される製品（engineered-to-order (ETO)）は最も川上に分断点が位置する。次に、注文で製造される製品（made-to-order (MTO)）が位置し、注文で組立てられる製品（assembled-to-order (ATO)）が位置し、最後に在庫用に製造される製品（made-to-stock (MTS)）が位置し、分断点は川下へと移るのである⁸⁾。

7) T. Davis (1993), Effective supply chain management, *Sloan Management*, Summer, p.38.

8) M. Azambuja and W. J. O'Brien, *op.cit.*, p.2-8.

III 建設業のサプライチェーンの概観

M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば⁹⁾、米国における建設業のサプライチェーンのモデル化は、主として、1990年代初頭から研究されている題目である。その研究目的は、生産の効率性を改善するためおよびプロジェクト・コストを低減するために、製造業のサプライチェーンの概念がいかに建設業に適用されうるかについての研究であった。特に、K. A. London and R. Kenleyは建設業のサプライチェーンが前節で述べた製造業のサプライチェーンと異なることを明らかにし、建設業サプライチェーンへの製造業のサプライチェーンの概念の適用について、多くの研究課題を明示している¹⁰⁾。

表2 製造業のサプライチェーン対建設業のサプライチェーン

特 徴	製造業のサプライチェーン	建設業のサプライチェーン
構 造	高度に統合されている 参入に高い障壁 定着した立地 強い相互依存性 主にグローバル市場	高度に細分化されている 参入に低い障壁 一時的立地 弱い相互依存性 主に現地市場
情報フロー	高度に統合されている 強く共有化されている 速い サプライチェーン・マネジメント・ツール（工場計画とスケジュール、調達、サプライチェーン計画）	専門業者間で幾度も再現される 企業間の共有化の欠如 遅い サプライチェーンを支援するITの欠如（客観的データと作業工程の統合が少ない）
協 同	長期的関係 共有化されている利益・刺激	利害対立の業務
製品需要	高い不確実性（季節性、競争、イノベーション） 進歩した予測方法	低い不確実性（材料の額が多少前もって知らされている）
生産での変化性	高度に自動化された環境（機械、ロボット）、標準、生産方式が明確に決められている一少ない変化	労働力の利用可能性および生産性、ツール、屋外環境（天候）、標準化および全般管理の欠如、場所の利用可能性、材料および専門職のフローは複雑である一大きい変化

9) *Ibid.*, pp.2-8 and 2-9.

10) K. A. London and R. Kenley (2001), An industrial organization economic supply chain approach for the construction industry : A review, *Journal of Construction Management and Economics*, 19(8), pp.780-786.

バッファ	在庫モデル（経済的発注量，安全在庫量）	モデルはない リスク低減のために現場に在庫 予備資産の利用（計画する）
設備計画	総合計画 最適モデル	独立した計画 一定設備能力の仮定 反応アプローチ（予想外の状況， 例えば，超過時間への反応）

（注） M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-9.

表2は両サプライチェーンの主たる相違を示しており、これにより両サプライチェーンの内容がそれぞれ独特であることおよび建設業への製造業のサプライチェーン概念の適用の困難さが理解できる。

現代の建設生産のモデル化は伝統的な現場作業分析よりも幾分その対象範囲を拡大している。しかし、バッファ、変化、不確実性のような用語は、建設業で経験の長い管理者には今でも一般的ではない。M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば¹¹⁾、現場生産の不能率は、多くの場合、不十分な生産計画（バッファの配置を含まない計画）および現場外生産および配送の変化の影響についての対応が限られている計画に起因している。例えば、現場生産の遅れのリスクを減少させるために作業現場に多量の在庫を保有することが一般の実務である（緩衝戦略）。しかし、この在庫は場所を必要とし、それを管理する資源を必要とし、多くの場合、不必要な投資である。また、伝統的業務は不確実性（例えば、生産および材料の配送における）に対処する時間緩衝を含まない楽観的スケジュールの展開である。さらに、スケジュールの編成において、現実的でない、無制限の生産能力を前提としており、更なる研究が必要である。建設業のサプライチェーンのモデル化は異なるタイプのバッファを適切な位置に配置し、そして生産計画に不確実性を含めるように管理者を導くことが必要となる。

建設業の業務の改善の必要なことは明らかである。第1に、所有者（建築主）および総合建設業者はプロジェクトの目的を達成するために、供給業者の重要性が増していることを理解しなければならない。重要な供給業者との同期化のためには現在のサプライチェーン業務で行われている協同あるいは長期的関係が採用されねばならないはずである。第2に、建設業におけるサプライチェーン・モデル化のツールの開発およびその推進には、なお大きな余地がある。例えば、建設計画、それもプロジェクト開始前計画期間における重

11) M. Azambuja and W. J. O'Brien, *op.cit.*, pp.2-8 and 2-10.

要なりスクの戦略的計画および明確化を支援するために、サプライチェーンをモデル化するための組織的な、正式な方法が必要である。

1. 多数のサプライチェーンから構成されているプロジェクト

建設プロジェクトのサプライチェーンは多数の企業で構成されており、複雑なサプライチェーン生産作業である。所有者、設計業者、総合建設業者、および下請負業者（専門工事業者、協力業者）（プロジェクトの異なる局面で特殊技術を提供する多数の異なる供給業者）によって建設業に特有のサプライチェーン協同が形成され、組織化されている。かくして、このサプライチェーンの分析の対象範囲は現場と現場外の両方の生産活動を含むこととなる。多数の下請負業者、それも各々がそれ自体の供給構造を有しており、建設業サプライチェーンの規模は小規模のプロジェクトでさえ大きなものとなる。ここに、建設プロジェクトは多数のサプライチェーン、その各々が独特の行動をとるサプライチェーンから構成されているのである。各々のサプライチェーンの行動は、特に、プロジェクトの現場に引き渡される製品の種類により決定される。

前述のごとく、建設業では、一般的に4種類の製品（すなわち、ETO, MTO, ATO, MTS）が生産活動に必要であり、これらの製品の生産方法およびリードタイムが異なることが建設業のサプライチェーンを複雑にしている。M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば¹²⁾、ETO製品は顧客が詳細設計および製造を注文する（例えば、動力配電装置、前もつての組立鉄筋）。一般に、長期のリードタイムと製品仕様が複雑な技術プロセスという特徴を有している。MTO製品は、通常、顧客の注文により製造される製品である（例えば、鋳型コンクリート、前もつて作られた壁版）。通常、MTO製造者は在庫を保有せず、リードタイムは製造プロセスが複雑であるか否かにより、長い場合と、短い場合がある。ATO製品は顧客の注文により組立・製造される。しかしながら、これらの製品は、通常、標準の製品であるか、標準の構成部品である（例えば、ドア、窓）。リードタイムは短い（MTOのリードタイムより短い）そしてある程度の在庫が製造者により保有されている。それは製造者が組立注文の不確実性に対応する必要があるからである。最後に、MTS製品は短いリードタイムで特徴づけられる製品である（例えば、煉瓦やボルトのような消耗品）。MTS製造者は、通常、在庫を保有している。しかしながら、この製品の配送の管理は複雑である。

建設業において、すべての材料のフローは生産現場に集中する。しかしながら、その生産現場（作業現場）は、通常、大規模製造会社のような方法でサプライチェーンを調整す

12) *Ibid.*, pp.2-10 and 2-11.

る能力を有していない。作業現場はすべてのサプライチェーンで遂行されなければならない需要を構成している。この需要とは、何がいか程という需要とは異なり、いつ必要されるかを意味するのである。この需要は現場の生産システムの確実性が欠如しており、しばしば、変わりやすいのである。需要の変動に際し、情報は供給業者がすぐに反応できるように、素早く流れることが必要である。しかし、需要情報（材料注文、建設スケジュールおよび現場状況の情報）への接近が制約されている供給業者および専門工事業者が多少ある。結果として、材料フローの調整は非効率であり、そしてサプライチェーンを通して多くの無駄が生じている。

建設業におけるもう一つの複雑さの源泉は、同時に多数のプロジェクトに携わる専門工事業者との協同である。それ故、専門工事業者の資源の利用可能性はいずれのプロジェクトにとっても重要な遂行要因となっている。また、若干の専門工事業者は川上の材料フローを彼らの供給業者と調整する責任を負っている。その時、このフローを効果的に調整する専門工事業者の能力は、建設現場における材料遅延リスクを減少させる要である。

供給業者に関して、多くの変数が彼らの業務に影響を与えている。大抵のリスクは長いリードタイムの製品を供給している供給業者かあるいは市場需要に対応するのに限られた生産能力しか持っていない供給業者のいずれかにある。一般に、かかる種類の供給業者は好まし顧客順に、あるいは内部能率を上げられる注文の順に優先順位をつける。かくして、かかる供給者により提供される材料の供給に関するリスクを緩和する戦略は、常に、建設業の管理者によって取り組まれるべきである。

最後に、所有者および設計業者が、また、サプライチェーンの業務に影響を与えるであろう。所有者が建設段階で直接的に関わる時、所有者は承認プロセスで遅くなるかもしれないし、設計変更を要求するかもしれないからである。他方、設計業者はある種の製品の調達プロセスを遅らせるかもしれない（詳細設計図完成の遅れのため）そして生産を中断させて、順序変更かあるいは詳細設計がないかのいずれかで、現場の生産に影響を与えるであろう（質の悪い設計のため）。ETO製品に関する設計プロセスにおける供給業者との協同は、また、サプライチェーン調整を複雑にし、そしてリスクを増加している。

2. 建設プロジェクト構成の問題点

建設プロジェクトのサプライチェーンを構築する方法により、その最終的な成功あるいは失敗が決定されることとなるであろう。どの建設プロジェクトでもその構成は、材料および情報が会社間でいかに流れるかを描写している。通常、この構成が、事前のプロジェクト計画設定段階から建設の最終段階までの各種の意思決定の結果として、全プロジェクトのライフサイクルについて詳述されている。

プロジェクトのサプライチェーン構成に関する主たる意思決定は、基本設計図作成前の初期段階で行われる。現場の立地および複雑な、かつ長いリードタイムの技術の選択のような主な意思決定が、ほとんど事前のプロジェクト計画設定段階の間に行われている。例えば、構造は現場での鋳造か、事前の製造か。機能的に優れたプロセス技術（産業設備に関して）は何であるか。この段階において、顧客の大抵の要求が把握され、そして設計プロセスへすすむこととなる。事前のプロジェクト計画設定段階の目的は完成品の複雑さおよび設計で必要とされる調整（例えば、多くの異なるシステム設計者）についての良い案、そしてどの副システムが外注にされるか、総合建設業者によって行われるか（外注か、加工かの決定）についての考えを提供することである。

設計段階はプロジェクトのサプライチェーン業務の要である。この段階で、設計業者はシステムの明細書を魅力あるものとし、材料明細書を指示する詳細設計図を作成し、プロジェクト建設を通して問題を引き起こすかもしれない施工上の問題個所を検討する。システムの構成部品の標準化およびモジュール化に関する意思決定は、プロジェクトの総コストおよびスケジュールで大きな相違を生ずるだろう。これらの相違がモジュール構成部品の取り付け生産性の向上、モジュール部品生産による規模の経済、あるいは製造業者と交渉するときの価格値引き可能性に反映されるだろう。これらの設計上の意思決定が、益々、総合建設業者、重要な専門工事業者および供給業者（特に、ETOシステムを供給している業者）からの投入情報によって影響されることとなる。設計業者がサプライチェーンの能力を考慮することなしに単独で意思決定をするとき、コストはより高くなり、業績は悪くなる。

調達段階（設計段階と重なり合っている）は建設プロジェクトのサプライチェーンの最終的構成を非常に明確にする。この段階において、供給業者と専門工事業者のほとんどが選択される。これらの会社を選択する通常の基準は、価格、安全、品質、およびスケジュールの実績である。選択した供給業者との交渉および契約が終了したとき、プロジェクトのかなりの数のサプライチェーンの制約が明確に認識されるはずである。供給業者の所在は既知である。彼らのケイパビリティ（例えば、製造と配送、品質、安全、スケジュールの確実性）が当該プロジェクトに特有の基準に基づいて評価され、製品の配送のリードタイムが重要供給業者と確立されており、そして供給業者は当該プロジェクトにとっての資源（労働力あるいは装置）の利用可能性を断言している（その利用可能性は他のプロジェクトへの拘束のため変化するかもしれない）。この時点で、いずれの建設プロジェクト・マネジャーも当該プロジェクトのサプライチェーンで起こるだろう変化にいかにも効果的に反応できるかを理解できるであろう。彼らは変化および不確実性が引き起こす負の影響から当該プロジェクトを守るべく、計画すべきである。建設スケジュールおよびコスト業績に影

響を与える問題を引き起こす通常の原因は、供給者に関連している。例えば、材料供給業者の組立あるいは配送の遅れ、現場に届いた損傷のあるあるいは誤った製品、生産性の低い専門工事業者などである。

施工段階は精密なサプライチェーンの業務および調整が行われるときである。施工段階では、また、施工計画ですべての不確実性が考慮され、現場外の業務から現場生産を守るための行動がとられることを確実にしなければならない。この段階において、時間、在庫、生産能力のバッファの使用のような緩和戦略が施工作業を現場外の不確実性から守るために使われる。もう一つの一般的関心は作業現場の利用と各種作業の調整である。これらの意思決定は材料が現場に配送され、貯蔵される方法に直接影響する。結果として、施工中に常に考慮される必要のある重要な問題は、次のようなことになる。すなわち、①異なる種類の材料がいかなる頻度で、どんなバッチの大ききで注文されるべきか。②いかなる在庫が保有されるべきか。③在庫はどこに配置されるべきか。もう一つの重要な問題は提示されているスケジュールを完了するために現場の生産能力である。余剰労働力、装置および時間の余裕を持つことは、不確実性の問題を緩和するために使われる通常戦略である。しかしながら、これらの戦略は、通常、建設コストに負の影響を与える、そして他の代替案がないときにのみ使われるべきである。

図1は建設プロジェクトの各段階のサプライチェーンの意思決定の範囲を説明し、そして意思決定内容により設定されている戦略目的、戦術目的、および業務目的に関連させている。この図はプロジェクトの最初の段階からそれに連続する各段階を示している。しかしながら、プロジェクトの段階は重なり合っており、意思決定の時間を明示していない。

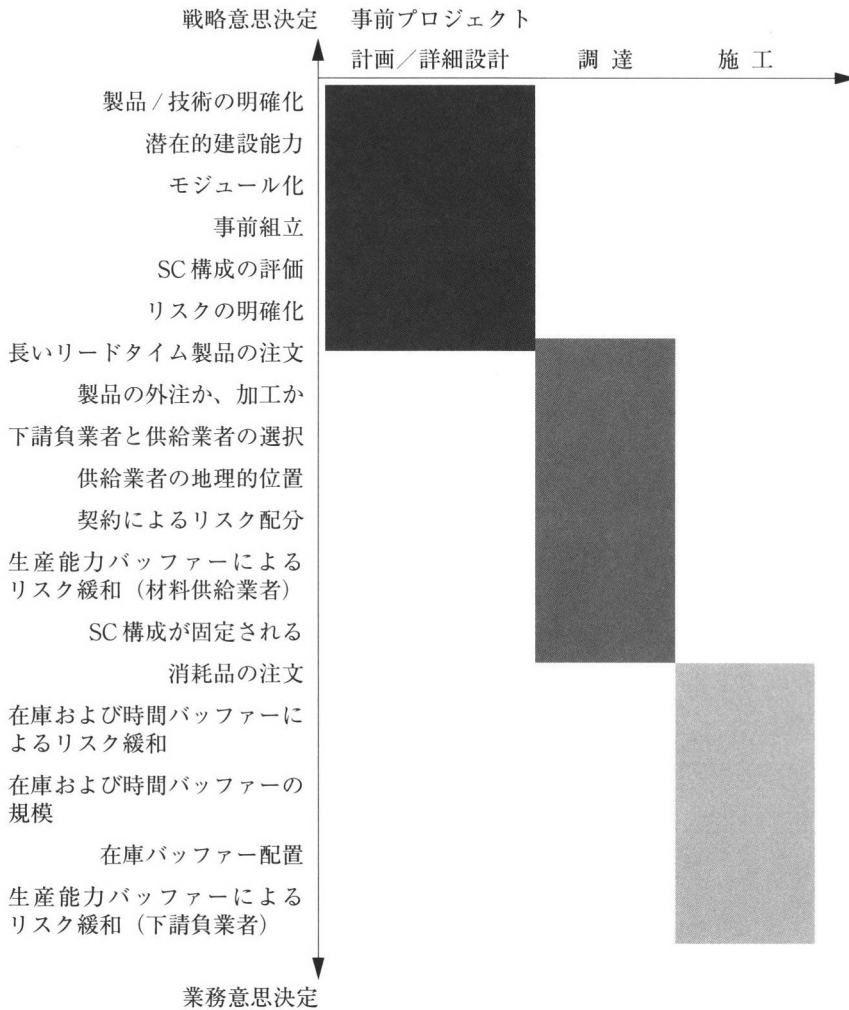
製造業と異なり、建設業の研究は、サプライチェーンの意思決定を分類すべき構造化されたフレームワークを示していないし、またサプライチェーンの意思決定がプロジェクトのライフサイクルに沿っていつ行われるかをも示していない。この節では、その主題についての更なる議論のための最初の論点を提供するために、図1のような分類を示している。

3. 建設業のサプライチェーンのモデル化：生産能力の概観およびニーズ

M. Azambuja and W. J. O'Brienによれば¹³⁾、図1に記載されている戦略から業務までのサプライチェーンの意思決定の範囲が、建設業研究者によって部分的に研究されてきた。これらの研究はほとんど戦術段階の特殊な意思決定に焦点を合わせていた。加えるに、多くの研究者は規範的分析よりもむしろ記述的分析に焦点を当てていた。このことが建設業

13) *Ibid.*, p.2-13.

図1 建設プロジェクトの段階および関連する SC 意思決定



(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-14.

のサプライチェーンのモデル化への現在のアプローチにおける欠陥になっている。この節は上記のモデル化議論の内容の欠陥を明らかにするべく現在の研究を再検討する。

上記のサプライチェーンの分類よりも、記述的研究および規範的研究のモデルの分類は、建設サプライチェーンのモデル化の現状を検討するのに有用である。記述モデル(実証的モデル)は、通常、決定論的であり、モデルのすべての媒介変数が既知であり、かつ確定的であることである。記述モデルは、また、多く静態的であり、サプライチェーンの現状

の断片を説明している。対照的に、規範的モデルは、一般に、不確実なそして無作為のモデル媒介変数を考えている。それは動的であり、サプライチェーンの行動および業務によく似せることを目指しており、サプライチェーンを最も有効にするために、サプライチェーンの突発的行動の予測および発見を可能にするのである。

多分、建設サプライチェーンの複雑さのため、大抵の研究は特定製品（例えば、鉄筋、暖房装置、喚起、空調、配管）に関するサプライチェーンの事例記述に焦点を合わせていた¹⁴⁾。これらの記述は、通常、各サプライチェーンを説明するためあるいは図とするために、視覚プロセス・モデル化を展開している。利用可能なマッピング・ツールの中で、建設業の研究者は価値流れマッピング（Value Stream Mapping：VSM）の変形、リーン事業体によって開発されたツールを主として採用した。VSMは情報および材料の流れおよび在庫の大きさやそのサイクルタイムを描写すること、それらを視覚的に要約すること、そして将来のよりよい業務を構想することのプロセスである。その目的はサプライチェーンにおける非効率あるいは浪費を明らかにし、そしてそれらを除くことである。これは、通常、サプライチェーン・リードタイムおよびスループット（throughput）（一定時間内に加工される原料の量）を比較して測定される。VSMは将来の状態と同時に現状をモデル化するために使うことが出来る。この意味で、このツールは動的モデル化あるいは最適化の支援には欠けるけれども、記述プロセス分析および規範的プロセス分析を組み合わせている。ここに、それは建設業における記述的分析で主として用いられる。

VSMがサプライチェーンにおけるバッファ（在庫および時間）の戦略的位置の選定にジャスト・イン・タイム生産システムを適用する可能性を分析するために使われている¹⁵⁾。更なるVSMの適用は異なるサプライチェーン構成の評価を支援するために主に使われている。これらのモデルは取り組んでいるサプライチェーン問題に固有の技術、調達、組立、および設置のプロセスの部分的略図を含む簡単な図あるいはマップである。これらの視覚マップはそれらの事例の記述の価値を高め、そしてサプライチェーン戦略の決定（例えば、

14) T. C. L. Alves and I. D. Tommelein (2004) Simulation of buffering and batching practices in the interface detailing-fabrication-installation of HVAC ductwork, *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 12, Copenhagen, Denmark, pp.277-289.

15) I. D. Tommelein and A. E. Li (1999) Just-in-time concrete delivery : Mapping alternatives for vertical supply chain integration, *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 7, Berkeley, CA, pp.97-108. I. D. Tommelein and M. Weissenberger (1999) More just-in-time : Location of buffers in structural steel supply and construction processes, *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 7, Berkeley, CA, pp.109-120.

会社間の調整およびコミュニケーションの改善, リスクを緩和するためのバッファの位置, そしてリードタイムを減少するために行われるプロセスの除去)を支援する洞察力を提供するべく使われている。

VSM モデルはサプライチェーン戦略の策定およびサプライチェーン業務を決定するために使われていた。より詳細なモデルはプロセスばかりでなく, 材料および情報のフローのデータを含んでいる¹⁶⁾。また, これらのモデルは配送, 一回分の処理量, および材料注文問題を取り込むことにより, リードタイムの削減を扱っている。シミュレーション・モデルは, 上述の研究を支援し, また, 戦略策定および業務決定の分析を支援している。特に, シミュレーション・モデルにより, 建設サプライチェーンのリードタイムおよびスループット業績が予測できるのである。バッファおよびバッチサイズ, プロセス継続時間での変動, および製品標準化のリードタイムおよびスループットの業績測定への効果を評価しているいくつかの研究がある¹⁷⁾。シミュレーション・モデルは, 一般的に, 記述的研究に基づきながら, 媒介変数を変化させ, 分析している。そして例えば, バッファの価値あるいは変動の悪影響についての最適化あるいは広義の一般化のいずれかに役立っている。

VSM およびシミュレーションに基づくモデルは, 多分, モデル化ツールの性質のため,

16) N. G. Akel, I. D. Tommelein and J. C. Boyers (2004) Application of lean supply chain concepts to a vertically-integrated company : A case study, *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 12, Copenhagen, Denmark, pp.560-574. P. S. P. Fontanini and F. A. Picchi (2004) Value stream macro mapping : A study of aluminum windows for construction supply chain, *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 12, Copenhagen, Denmark, pp.576-590.

17) A. A. Al-Sudairi, J. E. Diekman, A. D. Songer and H. M. Brown (1999) Simulation of construction processes : Traditional practices versus lean construction, *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 7, Berkeley, CA, pp.39-50. R. J. Arbulu and I. D. Tommelein (2002) Alternative supply-chain configurations for engineered or catalogued made-to-order components : Case study on pipe supports used in power plants, *Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 10, Gramado, Brazil, pp.197-209. K. D. Walsh, J. C. Hershauer, I. D. Tommelein and T. A. Walsh (2004) Strategic positioning of inventory to match demand in a capital projects supply chain, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130, pp.818-826. J. G. Jeong, M. Hastak and M. Syal (2006) Supply chain simulation modeling for the manufactured housing industry, *Journal of Urban Planning and Development*, 132, pp.217-225. T. C. L. Alves, I. D. Tommelein and G. Ballard (2006) Simulation as a tool for production system design in construction, *Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 14, Santiago, Chile, pp.341-353. I. D. Tommelein (2006) Process benefits from use of standard products : Simulation experiments using the pipe spool model, *Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 14, Santiago, Chile, pp.177-189.

生産単位（分析の水準により設備あるいは作業中心点）、バッファー、そして材料のフローに関してうまく記述されているサプライチェーンの構成およびプロセスに焦点を合わせる傾向がある。スループットや時間のような測度がこれらのモデルにおいて広く使われている。そこで、これらのモデルはサプライチェーンの決定の一部（特に、固有でかつ適度に詳細なサプライチェーン構成についての戦略策定および戦術策定）に焦点を合わせる傾向がある。これらのツールおよびモデルは固有のプロセスおよび材料フローの詳細が十分に明らかにされていないような特定のプロジェクトについての初期戦略策定に簡単には使われない。同時に、このモデルはこのような詳細なモデルをモデル化する際に直面するデータの不足および難題のため、業務決定の広範囲な分析には役立たない。

特別な媒介変数を扱っているモデルは希である。W. J. O'Brien はサプライチェーン業務内容を予測する質的モデルを提案している¹⁸⁾。このモデルは供給業者の生産技術に基づく供給業者のタイプで分類されている企業群と同時に現場需要（不確実性）のその企業群の業績への影響を含んでいる。異なる部類の供給業者群の組み合わせは、サプライチェーン業績のケイパビリティおよび固有のリスクについての高水準の見方となった。これらの高水準のモデルは詳細なモデルの必要なしに、速い分析を支援し、そして構成の戦略策定の多様性を支援するために使われるだろうが、これらの使用についての更なる探求は為されていない。

サプライチェーン・モデルは、最近になり、コスト業績を含んでいる結果を報告するようになっている。例えば、C. Vidalakis and J. E. Tookey は建材業者から建設現場への材料フローを模擬操作し、そして在庫コストと輸送コストを計算している¹⁹⁾。コスト分析を含むことは、建設業サプライチェーンのモデル化に将来有効な次の段階を提供することとなる。現在、多くのモデルはリードタイムの削減に取り組んでいるが、時間の削減に伴うコストについての見解は明確でない。時間-コストのトレードオフ型の分析は管理者の意思決定によりよい情報を提供することができる。

初期の建設サプライチェーン・モデルは、特定の意思決定のための多様な意思決定に役立つが、前節で述べたすべての領域の意思決定に役立つものではない。建設業界の専門家達は建設サプライチェーンの戦略策定をするのに役立つモデルを持っていない。このような意思決定の例は、①バッファーの大きさや会社の地理的立地に基づく配置を決定するこ

18) W. J. O'Brien (1998) Capacity costing approaches for construction supply chain management, PhD dissertation, Stanford University, Stanford, CA.

19) C. Vidalakis and J. E. Tookey (2006) Conceptual functions of a simulation model for construction logistics, *Proceedings of the Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil Building Engineering*, Montreal, Canada, pp.906-915.

と、②全ロジスティック・コスト（特に、運送コスト）を削減するために、複数プロジェクトの場所を確立すること、そして③材料配送の遅れのリスクを削減するために、地域当たりの需要を明確にすること、である。これらの意思決定は、グローバルな材料源泉が複数プロジェクトの領域で一般的な実務となると、重要となっている。

多数の建設プロジェクトに収斂している多様な独自のサプライチェーンについての幅広い考察は、建設業における更なるモデル化努力をする価値があるもう一つの戦略的視点である。多数の建設プロジェクトは1総合建設業者によって施工される異なるプロジェクトかあるいは異なる総合建設業者によって施工される各プロジェクトかのいずれかを意味する。現在のモデルは、大抵、1総合建設業者によって施工される単一プロジェクトあるいは多数の建設プロジェクトに転用する個々のサプライチェーンの分析に焦点を合わせていた。この分析の焦点は1供給業者（あるいは専門工事事業者）と1総合建設業者との相互に作業を及ぼす領域の問題を明らかにするのに有用である。しかしながら、それはより複雑な問題、例えば、多数のプロジェクトに必要となる大釘あるいは注文変更に対応する供給業者の生産能力のようなより複雑な問題の理解には役立たない。研究者と実務家は、より幅広いレベルの分析を行うために、プロジェクトに含まれる供給業者の類型を理解する必要がある。

戦略策定領域の拡大以上に、戦術策定および業務決定のサプライチェーンのモデル化は、プロジェクトの複雑性および制約をより上手に取り込むためにより弾力的かつ表現豊になる必要がある。現在のモデルは、会社、プロセスあるいはサプライチェーンの決定論的リードタイムの明確化の支援に有効である。しかしながら、新しいデータが含まれ、修正されねばならない。例えば、バッファの位置および種類を明確にすること、サプライチェーン・プロセスの最長、最短、そして最も起こりそうな継続時間（もし可能なら、正確なデータに基づく確率分布を示す）を含めることである。現在のモデルはリードタイム削減に取り組んでいる。しかしながら、それは各プロジェクトにおいていかに時間を削減できるか（例えば、最短の継続時間があるのか）を明らかにしていない。供給業者の種類に関して標準的な、事前に特定した境界条件を持つことで、モデルをより有力にすることは、戦術策定および業務決定の領域について規範の、より速いモデル化を可能にするであろう。コストを含むこれらのモデルの拡大は、また、モデルの適用の領域を広げるであろう。

さらに、建設モデルの評価にとって明確にされた一組の業績測度が、モデル開発と評価を補足するために必要とされる²⁰⁾。理想的には、モデル製作者は特定のモデルの目的およ

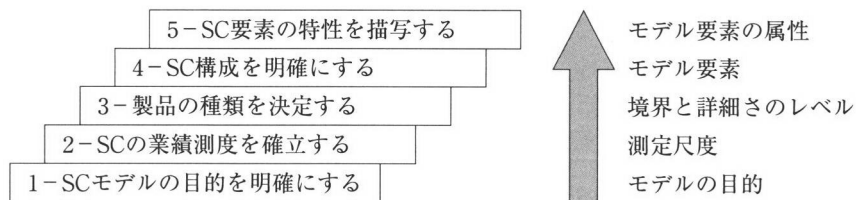
20) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2007) Aqualitative evaluation of construction supply chain visual process modeling tools, *Proceedings of the Constrution Research Congress*, Grand Bahamas, p.9.

び詳細さの水準により測定尺度を選択し、その測定尺度に基づき業績を監視するだろう。結果として、異なるシナリオが評価され、比較される、そして管理者がプロジェクトの目的を達成するために適したサプライチェーン構成を選択するのを支援する。

IV 建設サプライチェーン・モデル開発のためのフレームワーク

前節で注目しているように、建設サプライチェーンのモデル化の努力の成果は大きいのであるが、しかし戦術策定および業務決定と同時に戦略の領域をより多く含むべく拡大される必要がある。それ故、サプライチェーンに関する基本的モデル化の構成概念が多様な意思決定を取り扱うために、いか程基礎を拡大する必要があるのか、また現在のツールがそれらの意思決定にいか程利用できるかが不明である。しかしながら、明らかに必要なのは種々のアプローチを適用するに際しての訓練である。この節において、建設サプライチェーンをモデル化するための概念フレームワークを提案する。図2で示されているフレームワークはモデル化のプロセスに役立つ連続する5段階から成っている。すなわち、①サプライチェーン・モデルの目的を明確にする、②サプライチェーンの業績測度を確立する、③製品種類を決定する、④サプライチェーンの構成を明確にする、⑤サプライチェーンの要素の特性を描写する。このフレームワークは、モデル製作者が適切な境界、要素、および属性と同時にモデルの目的および測定尺度を含む包括的なサプライチェーンのモデルを開発するのに役立つことが期待される。

図2 サプライチェーンのモデル化のためのフレームワーク



(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-17.

フレームワークの第1段階はサプライチェーン・モデルの目的あるいは目標を明確にすることである。サプライチェーン・モデルは種々の目的に役立つことができる。それらの目的は材料供給リスクを削減することに最善のサプライチェーン構成から会社の内部プロセスがサプライチェーンのリードタイムおよびスループット業績にいかにか影響を与えてい

るかを評価する目的までの相違がある。表3は過去10年間にわたる建設および製造のサプライチェーンのモデルの目的についての包括表である。

表3 サプライチェーン・モデルの目的

<p>サプライチェーン構成を評価する</p> <p>需要を満たすための（反応時間を改善するための）最善のサプライチェーン構成を評価する</p> <p>サプライチェーンの複雑性（メンバーの数、情報と材料のフロー、協同の努力）を評価する</p> <p>施設の立地を評価する</p> <p>どの会社が各プロセスに責任を負っているかを示す（所有者の意思決定）</p> <p>製品のリードタイムを削減する（活動の除去あるいは結合）</p> <p>製品を配送するプロセスの数を明らかにする</p> <p>各プロセス（転換およびフロー）で消費されている時間を明らかにする</p> <p>各プロセス（付加価値あるいは非付加価値）を分類する</p> <p>サプライチェーンを簡単にする（非付加価値活動を除く、在庫を再配置する、配送の場所を統合する）</p>
<p>バッファ決定を評価する</p> <p>サプライチェーンの中に在庫バッファを配置する（場所を分断すること）</p> <p>バッファの種類および大きさを明らかにする</p> <p>バッファの位置と大きさの製品リードタイムへの影響</p>
<p>製造決定を評価する</p> <p>バッチの決定および完成品のスループットへのバッチの影響を評価する</p> <p>段取り時間の会社の配送実績への影響</p> <p>生産能力の決定のサプライチェーンへの影響（在庫行動、リードタイム、スループット）を評価する</p>
<p>輸送決定の評価</p> <p>輸送（種類と頻度）がサプライチェーン（リードタイム、配送業績、コスト）にいかに関与するかを評価する</p>
<p>サプライチェーン・コストを評価する</p> <p>在庫コスト、プロセス・コスト、配送コスト、注文コスト、資源コスト</p> <p>材料の遅れ（建設スケジュールについて）のリスクを理解する</p>
<p>サプライチェーン情報の調整（IT適用）を例証する</p> <p>交換される情報の頻度、内容、および種類（そしてそれがいかに移されるか）を明らかにする</p> <p>材料フローおよび在庫バッファについてのコミュニケーションの誤りと遅れのリスク（ブルウィップ効果（Bullwhip Effect）（消費者が直時に必要とするよりも多くを買うべき短期供給での原料あるいは製品についての消費者の傾向））を評価する</p>
<p>製品の複雑性（標準化、部品の数）のサプライチェーンの反応時間への影響を評価する</p>

（注） M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-18.

モデル製作者がモデル化することの目的を明らかにするとき、一組の業績測度をモデルの目標と関連させる必要がある（第2段階）。例えば、もしモデルの目標がリードタイム削減に役立つことであるならば、注文プロセス時間、エンジニアリングの時間、製造／組立の時間および配送時間のような測定尺度が主要たる測度である。もし管理者が建設現場における在庫バッファを削減することに関心があるならば、監視すべきサプライチェーン業績の測定尺度は在庫品目の数、在庫平均待ち時間、平均在庫回転率、設置需要率、および供給業者の配送時間と頻度である。表4は他のサプライチェーン・モデルの目的と関連する測定尺度の一覧表を示している。

表4 モデルの目的と関連するサプライチェーン（SC）業績の測定尺度

SCモデルの目的	測定尺度
材料供給リスクを明らかにする	SC平均スループット、SCリードタイムの変動性、正確な配送の割合、配送の遅れ
運送コストを減少させる	配送の頻度、最少バッチの大きさ、距離、単位当たりコスト、出荷コスト
製造コストを減少させる	労働および機械のコスト、労働および機械の利用、プロセス・サイクルタイム、生産能力の利用、在庫総コスト
SCスループットを増加させる	SCスループット、バッファの大きさ、バッチの大きさ、プロセスの数、プロセス・サイクルタイム、製造リードタイム、配送リードタイム
SCの確実性を測定する	SCリードタイムの変動性、正確な配送の割合、配送の遅れ、供給の質（配送の誤り、顧客の苦情）、在庫不足の確率
供給弾力性を評価する	製造操業度（生産能力）、生産組合せ（製品の多様性）、あるいは配送日数（計画配送日数の変更）
SCの複雑性を評価する	プロセスの数、異なる会社の数、地理的位置、材料のフロー（段階の数）、情報のフロー（集権化対分権化）

（注）M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-19.

サプライチェーンのモデル化プロセスの第3段階は、どの種類の製品をモデル化する予定であるかを決定する。製品の種類はモデルの境界および詳細さのレベルについて考察すべき重要な視点を提供している。現在までのところ、研究者は異なる製品がサプライチェーン・モデルの境界に及ぼす影響を与えるかを考慮していない。ETO製品のモデルは設計業者、エンジニアリング企業、総合建設業者、および供給業者のような異なる関係者によって行われる多様なプロセスを含む必要がある。色々の情報フローは、この種の製品に関するサプライチェーンのプロセスをモデル化するとき、これらの情報フローが製造プロセ

スおよび製品の配送に直接的に影響を与えるので、考慮される必要がある。対照的に、MTS 製品のモデルは少ない関係者 (通常、総合建設業者あるいは専門工事業者と供給業者) を含むだけである。情報フローは、材料フローに直接的にあるいは間接的に関係しているプロセスがモデル化される必要があるけれども、通常、取引プロセスに限定されている。

表5 異なる生産技術に基づくモデルの境界およびプロセスについての提案

製品の種類	製造環境	SC 境界	SC プロセス
在庫の注文 (MTS)	組立ライン あるいは連続フロー	MTS 供給業者; 倉庫; 専門工事業者あるいは GC ; 作業現場	専門工事業者あるいは GC が注文する; 供給業者が製品の利用可能性を確認し、選び、運ぶ; 作業現場に荷を降ろす、製品の取り付け
組立の注文 (ATO)	組立ライン	ATO 供給業者; 重要な RM 部品の川上供給業者; 専門工事業者あるいは GC ; 作業現場	専門工事業者あるいは GC が注文する; 供給業者が RM の利用可能性を確認し、RM が利用可能なら、製品の組立を始める、あるいは RM を待つ必要があるかのいずれか; 一時的 FG の在庫; 配送、現場に荷を降ろす; 製品の取り付け
製造の注文 (MTO)	個別生産あるいはバッチ生産	MTO 供給業者; 重要な RM 部品の川上供給業者; GC ; 設計業者; 所有者	GC が詳細設計図を受け取り、注文する; 供給業者が設計図と注文を確認する; もし情報が完全であり、RM が利用可能ならば、供給業者は製造を始める、さもなければ、RM を待つか、あるいは GC、設計業者そして所有者が変更を再検討し、承認する; 製品製造; 一時的 FG の在庫か、即時に配送し、建設現場に荷を降ろし、取り付ける
技術の注文 (ETO)	個別生産	ETO 供給業者; 重要な RM 部品の川上供給業者; 設計者; 所有者; エンジニアリング業者	供給業者は全て設計するか、単にエンジニアリング業者から受け取った設計図を詳細設計にする; 所有者は詳細設計図を確認する; もし設計図が受け入れられるならば、供給業者は製品を製造し始めることができる、さもなければ、供給業者は所有者の対応を待つ; 製品を製造する; 一時的 FG の在庫あるいは即時の配送; 建設現場に荷を降ろしそして取り付ける

(注) GC = 総合建設業者, RM = 原材料, FG = 製品

(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-20.

また、製品の全ての種類についての理解は、サプライチェーンのケイパビリティおよび潜在的リスクの質的評価に役立つのである。例えば、ETO 製品の供給業者は、確かに、非常に低い操業度で製造し、製造で短期の変更に反応しがたい個別製造業者である。表5は異なる製品をモデル化するとき考慮されるべきである潜在的製造環境、関係者、およびプロセスを示している。この段階の成果はサプライチェーン・モデルの境界および詳細さの

レベルについての最初の指摘である。

モデル化の第4段階はサプライチェーンの構成の定義である。この段階において、モデルの要素（すなわち、サプライチェーンの関係者、プロセス、活動、材料フロー、情報フロー、在庫バッファー、そして資源）がサプライチェーン・モデルを構築するために配置される。フレームワークの前段階での知識はモデルの詳細さのレベルを精緻化するために重要である。第3段階で明らかにされたモデルの境界およびプロセスは、サプライチェーンの構成に役立っている。サプライチェーンを構築するために、それらのプロセスがその遂行に責任を負っている関係者に割り当てられる。それから、関係者とプロセスとの関係がプロセスの論理的な筋道と同時に可視化される。

詳細なサプライチェーン・モデルは、一般に、複雑でかつ混乱している。それ故、階層的アプローチがこの問題を取り扱うために提案されている²¹⁾。階層のレベル1はサプライチェーンの関係者、彼らの各自の製品の種類、地理的立地、および配送フローを描写している。

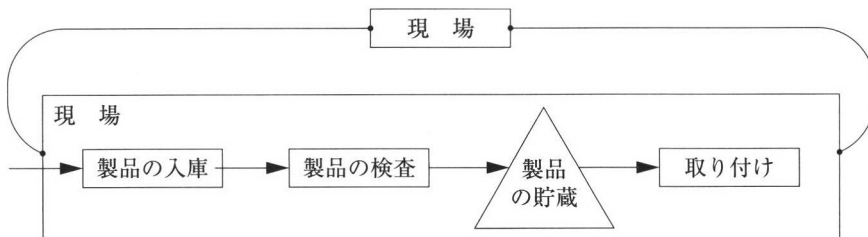
当該サプライチェーンの関係者が明確にされ、分類され、配置されると、さらに、モデルは各関係者のプロセスおよび境界を記述するために詳細にされるはずである（階層のレベル2）。このレベルにおいて、主要プロセスが揭示され、そして相互作用領域が関連付けられる。図3から図8はサプライチェーンの関係者の通常の内部プロセスと同時に彼らの外部との相互作用領域（長方形の境界を越える矢印）を明らかにするプロセスを描写している。関係者の名前（長方形の左上）に番号が付けられる。この番号は作業現場に関しての関係者の階層を示しており、材料のフローに関わっている各関係者の位置を確認するのに役立っている。例えば、MTS 供給業者1は材料を現場に直接送っており、一方、MTS 供給業者2は現場に配送する前に他の場所（例えば、倉庫）にその製品を送っている。専門工事業者に関しては、彼らが作業現場での最終的取り付けの前にその場所に材料を購入し、それをその場所に貯蔵する責任を負っている限り、彼らは常に1の数字で表されている。もし彼らが取り付けだけの責任を負っているならば、取り付けプロセス（図3）の特性は専門工事業者の役割を十分に描写している。

所有者、設計業者、エンジニアリング業者、および総合建設業者は、現場外の材料のフォローに関わっていない。代わりに、彼らは情報フローを調整することに責任を負っており、そして通常、材料フローを支援するために、供給業者と情報（例えば、注文、設計の承認、詳細図）を取り交わすのである。かくして、これらの関係者は確認番号（サプライチェーンの水平階層）を必要としない。情報調整に対する責任は各プロジェクトの組織構

21) M. Azambuja and W. J. O'Brien, *op.cit.*, p.2-22 – 2-23.

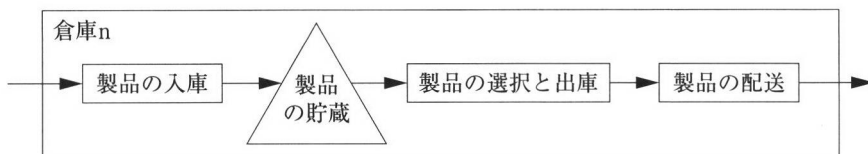
造によって変わる。例えば、誰が材料を注文するか；所有者か，総合建設業者か，両者か。誰が詳細設計図を提供するか；エンジニアリング業者か，供給業者か。このために，それらの関係者の基本的プロセス・モデルを表示しないことに決めている。しかしながら，それらはモデル化の努力の一部である。製品供給業者との彼らの相互作用がプロセスの内と外を示している矢印によって表されている（例えば，注文を受けること，詳細設計の作成，および承認）（図5から図8）。設計業者あるいはエンジニアリング業者についての考察および包含は，建設業のサプライチェーンのモデル化において重要である。というのは，設計図が現場の作業を遂行するために必要とされているからである。しばしば，設計図が現場と材料のニーズのために渡される。従って，設計業者やエンジニアリング業者の活動のモデル化は，リスクの徴候を提供するだろう。これは，特に，早期着工プロジェクトにおいてよく起るのである。この階層（レベル2）の成果（すべての関係者のプロセスを関連付けた後）は異なるサプライチェーンの構成を評価するために使われている視覚モデルに非常に類似した描写である。

図3 サプライチェーン構成 レベル2：現場プロセス



(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-22.

図4 サプライチェーン構成 レベル2：倉庫プロセス

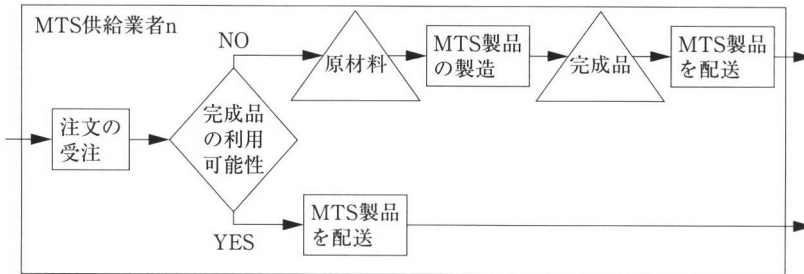


(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-22.

階層の最後のレベル3が図9に描かれている。このレベルはレベル2で示されたプロセスを詳述している。レベル3はどの活動、バッファー、および資源がそのモデルに含まれるかを説明し、かつ描写するのに役立つ。図9はMTO製品を製造するために必要とされるすべての活動を示している。

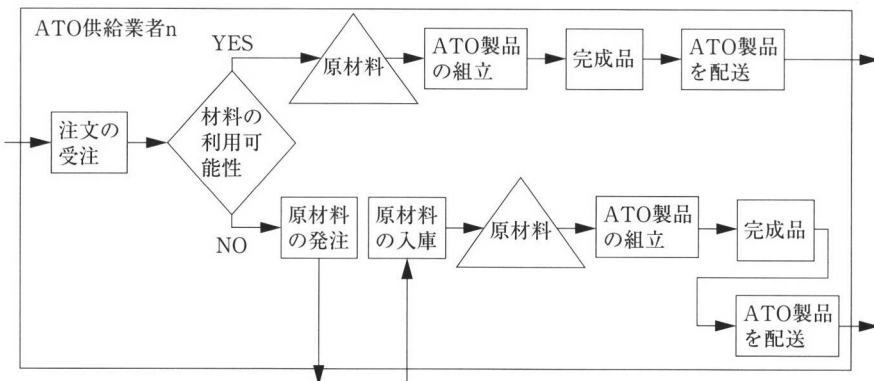
プロセスの名前が関係者の身元を明示しているので、レベル2で前に明らかにされた各関係者の特性がこのレベルに移されている。サプライチェーンを形成するために使われている階層モデル化アプローチは、モデル要素を明らかにし、そして可視化するのに有用である。モデル化する必要のあるどのレベルの詳細（階層のレベル）かの選択は、各種の製品によって要求されるモデルの目的、境界、およびプロセスによるのである。

図5 サプライチェーン構成 レベル2：MTS供給業者のプロセス



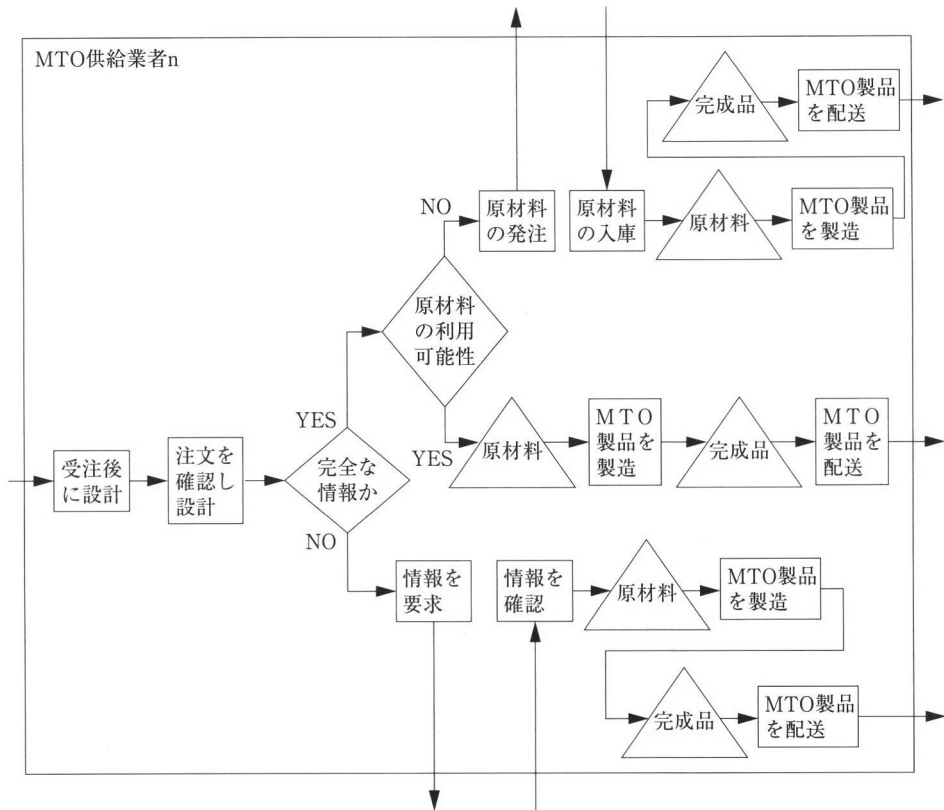
(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-22.

図6 サプライチェーン構成 レベル2：ATO供給業者のプロセス



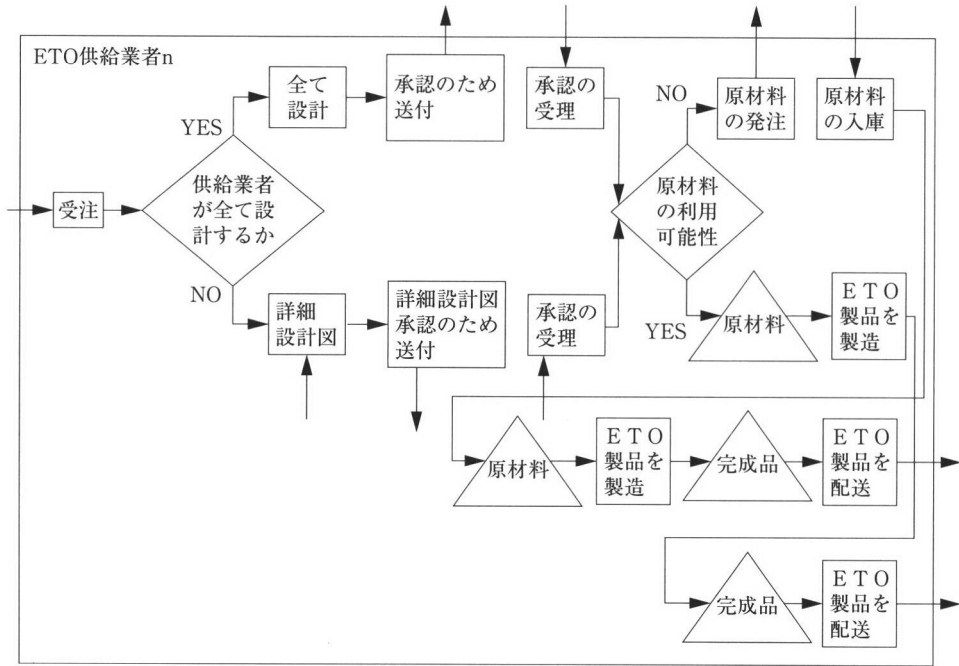
(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-23.

図7 サプライチェーン構成 レベル2：MTO供給業者のプロセス



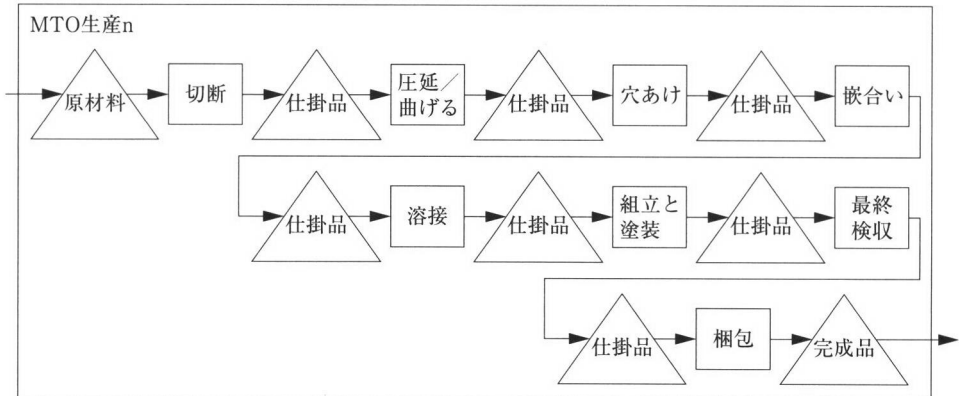
(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-24.

図8 サプライチェーン構成 レベル2：ETO 供給業者のプロセス



(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-25.

図9 サプライチェーン構成 レベル3：MTO 供給業者の生産プロセス



(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-26.

モデル化アプローチの最後の第5段階は、サプライチェーン・モデルの要素の特性を明らかにすることである。この段階は現在のサプライチェーン・モデルについての完全な情報を提供するために、モデルの各要素の説明を行い、そして利用者がモデルの行動を理解するのに役立っている。モデルの各要素は独自の属性を持っている。これらの属性はシミュレーション・ツールのような規範モデルの創造に必要であり、そして建設業のサプライチェーン・モデルの描写能力を改善するのに必要である。表6はサプライチェーンの要素および属性の一覧表である。

表6 サプライチェーン (SC) の要素と属性

SCの要素	属 性
SCの関係者	名前, 位置, プロセス, 相互作用 (境界), 製品の種類 (ETO, MTO, ATO, MTS), 完成品
プロセスと活動	名前 (動詞+名詞), 種類 (材料あるいは情報の変換), サイクルタイム (決定論的あるいは確率的配送), 資源, 生産のバッチサイズ, コスト
材料フロー (配送)	製品 (大きさ, 重さ), バッチサイズ, 時間, 頻度
情報フロー	情報の種類 (注文, 設計図書, スケジュール), 時間, 頻度
在庫バッファ	種類 (FIFO, LIFO), 在庫の製品, 部品の最大数量, 保有コスト
資源	名前, 種類 (労働力, 装置), 数量, 生産能力, コスト, 失敗あるいは維持 (休止時間), スケジュール (固定あるいは変化の生産能力)

(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-27.

図10 モデル要素の属性：梱包活動

活 動	属 性
	名前：MTO製品を梱包する
	位置：MTOのn供給業者
	活動の種類：材料の変換
	サイクルタイム：2-4時間
	バッチサイズ：100
	資源の種類：労働力
	スケジュール：1交替
	総コスト：100-200USD

(注) M. Azambuja and W. J. O'Brien (2009), Construction supply chain modeling : Issues and perspectives, p.2-27.

図10は梱包活動に利用される属性の一覧表の一例である。属性の標準的一覧表はサプライチェーンの同等なレベル n に位置するMTO製品の製造プロセスの一部である梱包活動について価値のある情報を提供している。

V むすび

本稿は製造業および建設業におけるサプライチェーン生産のモデル化に関する各種の概念および問題点について論述している。建設業のサプライチェーン・モデル化についての論文を概観し、実在のモデル化ツールおよびケース・スタディへの最初の適用を述べた。この概観により、建設業のサプライチェーン・モデルが意思決定の領域に役立つためには、当該モデルに内在する欠陥を明確にし、より大きい能力を有すモデルの創造に取り組む必要のあることを明らかにした。最後に、連続する段階から構成されている概念的モデル化プロセスを提案し、建設業のサプライチェーンをモデル化するとき考慮する必要のある問題、例えば、構造化されている測定尺度、製品の特性と詳細の水準、そしてモデル要素の属性の指定を強調している。

建設業のサプライチェーン・モデル化はまさに次世代の建設の生産性のモデル化である。建設業は伝統的生産性研究（例えば、作業現場への時間や動作研究の適用）およびそれらの建設力分析への拡大で多大のものを得たけれども、建設プロジェクトはサプライチェーン・モデルから多大のものを得て、戦術策定および業務決定を改善している、そして戦略策定に関する知識を創造するべく、その知識を適用している。同時に、生産性のモデル化の歴史はサプライチェーン・モデルの開発への挑戦を強調している。生産性のモデル化は長期間にわたって限られた発展しかしていないそして広く行きわたって展開されていないという欠点を持っている。ただ、比較的最近のリーン概念の導入は生産性のモデル化を活気づけた。サプライチェーン・モデルも同様の宿命に苦しんでいる。すなわち、極めて記述的で、かつ個別プロジェクトに特有である（そしてそれ故、一般的な研究成果を簡単には創造し得ない）現在のモデルは、管理者に彼らのプロジェクトにとっての効果的、かつ情報を持っているサプライチェーン決定を積極的に創造させる分析ツールおよび関連した知識を未だに指摘していない。本稿での議論およびフレームワークが実務を効果的に向上させることができる広義のかつ有力な建設業のサプライチェーン・モデルの発展への刺激になることを希望している。