

# 組立生産における需要主導型資材所要量計画に関するシミュレーション分析

## Simulation Analysis of Assembly Lines Applying Demand-Driven Material Resource Planning

経営システム工学専攻 桑原健太郎

Department of Management Systems Engineering Kentaro Kuwahara

### 1. 目的

ビジネス環境の動きは昔と比べて変わってきており、決定的なものから非決定的なものになってきている。需要の変動、長いリードタイム、不正確な予測、多様な製品ラインナップなどが原因として挙げられる。その中でもサプライチェーンの複雑さが主要な原因として挙げられる。そのことには企業の国際化が大きく起因している。海外のサプライヤを取引先に決定し、海外に顧客をもつことも増えてきた。このような状況が企業の生産計画を困難にしている。

そのため、従来の MRP（需要予測から発注・生産計画を立てる手法）では、太刀打ちできない状況となった。MRP を改善すべく様々な研究者が議論を交わし、DDMRP（実需要に基づき発注・生産計画を立てる手法）が提案された。

本研究では、MRP と DDMRP をバイクの生産工場を例として比較・検討を行う。バイクの生産工場のデータは ERP から入手したものを参考にする。得られたデータをもとに MRP で管理される生産ライン・DDMRP で管理される生産ラインのシミュレーションモデルを作成する。シミュレーションモデルには、離散型シミュレーションを作成・実行することができる Simio を使用する。シミュレーションを実行するにあたって、需要オーダーをモデルに与える。この需要オーダーは複数個用意される（シナリオ）。需要オーダーごとに特性を持たせ、シナリオ毎に MRP・DDMRP でパフォーマンスの違いがみられるか分析する。シナリオ作成したシミュレーションモデルを 20 日間・30 回の反復試行を行い得られた結果から分散分析を用いて DDMRP と MRP がどのようなパフォーマンスをするのか分析を行う。

### 2. MRP

1975 年に Orlicky が MRP を提唱した。これにより、その時代の生産計画は大きく変わった。MRP の主要な特徴として 3 つ挙げられる。一つは、計画主導型であるという点である。もう一つは、タイムフェイズされたタイムバケットによる統合システムである。最後に、MRP は生産管理システムの基本機能を満たすための論理的システム構造をとっている(鳥羽, 1995)。このように、MRP は予測に基づき、親製品から子製品を BOM によって互いに紐づけながら期間ごとに材料の計画とスケジューリングを行う。ただし、MRP にも欠点がある。上位部品が下位部品の影響をもろにうけること、MRP は全ての部品が利用可能という前提のもとで実行されているところなどである。このような欠点のため現在の予測不可能な市場の中で MRP がベストプラクティスであるとは言い難くなってきた。

### 3. DDMRP

DDMRP は近年のダイナミックな市場に対応すべく提案された手法である。ダイナミックな市場とは消費者の好みが多様化や、グローバルなサプライチェーンにより安定した供給をすることが難しくなっているということが背景にある(斎藤, 2018)。そのために DDMRP は需要予測という不確定なものではなく、実需要という確かなものに基づいて生産計画・発注計画を練る。

DDMRP の主な特徴は五つある。一つ目は、戦略的在庫配置である。従来の MRP では最終製品のみ安全在庫

庫を抱えることが多かった。しかし、より低コストで顧客に待たせないように BOM 内でどこに在庫を抱えるべきかを検討するのがこのフェーズである。ここが良いパフォーマンス結果を得られるかどうか非常にカギとなるポイントである。ここで在庫を持つ箇所をデカップリングポイントと呼ぶ。

二つ目は、バッファプロファイルとレベルである。DDMRP ではデカップリングポイントごとにバッファサイズを決定する。バッファサイズを決定する要素として、平均日時使用量 (ADU)、デカップリングリードタイム (DLT)、リードタイムの変動性、オーダー数量の変動性を考慮することによって決定する。

三つ目は、時間の経過とともに ADU やリードタイムの変動性、数量の変動性をかえながら動的にバッファの容量を変更する。これによって今現在のマーケットの状況や季節性を考慮にいれながら生産計画・発注計画を練ることが出来る。

四つ目と五つ目は、需要駆動計画および可視化と実行である。

#### 4. GBI

本研究では GBI (SAP ERP 内にあるバイク工場のデータ) を対象とする。GBI はディーラー向けにバイクを製造・販売する企業である。今回シミュレーションの対象となるのは何種類もある完成品のうちの 1 つである。原材料はサプライヤから購入し、中間製品・最終製品は自社の工場で製造する。

#### 5. シミュレーションモデル

本研究を実施するために用いたのは Simio というシミュレーション言語である。Simio は工程内の作業時間変動や調達リードタイムの変動を考慮においたシステムシミュレーションを実行できるソフトウェアである。このシミュレーションの流れとしては、エクセルで各管理法における発注計画・生産計画を計算→Simio 内でデータテーブルに計算結果を読み取る→データテーブルを参照しながらシミュレーションを実行→実行結果を得る。

Simio によって GBI の MRP によって生産管理が行われているモデル、DDMRP によって生産管理が行われているモデルを作成し、双方のモデルの平均在庫水準に注目して結果を観察する。

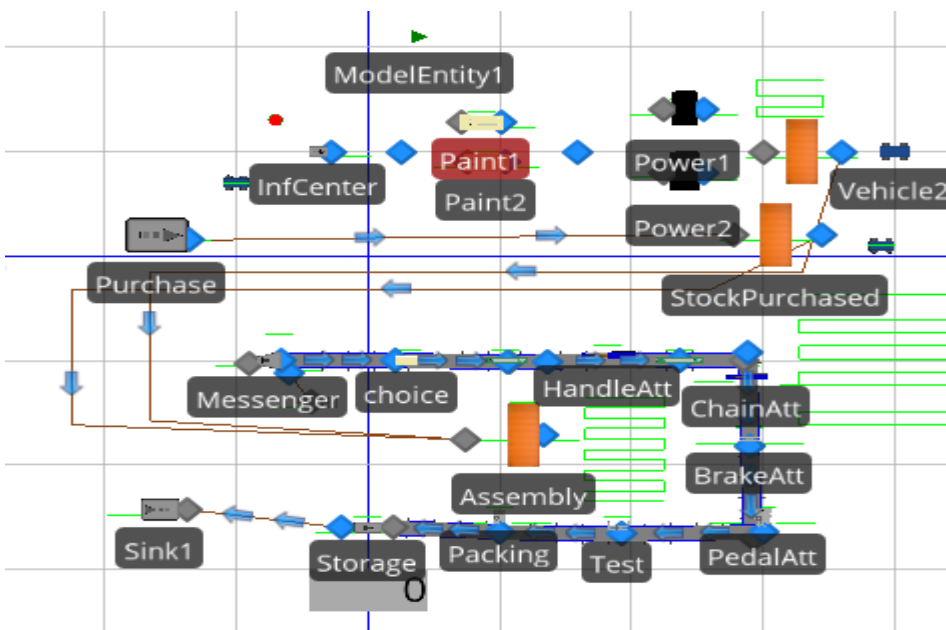


図 1. シミュレーションモデル

図 1 の画面上部は中間製品を製造するラインであり、画面下部は最終製品を作るためのラインである。購入部品は Purchase (サプライヤ) から StockPurchased まで運ばれる。InfCenter から生産指示が出される。出された生産指示を Messenger が受け取る。生産指示を受け取ると組み立てに必要な数の材料を StockMedium と

StockPurchased からワークスペース内に持ってくるように輸送機器に指示を与える。指示を与えられた輸送機器は指定された材料をワークスペース内に持ってくる。指示された分の完成品を組み立てて Storage に送る。納期になったら指定された個数分を Storage から Sink 1 に流す。

複数用意されているオーダーについて説明する。今回変動係数をもとにシナリオを作成する。シナリオ 1～7 では期間内平均所要量は 11.5 個で一定で標準偏差のみをばらつかせたものである。従って、シナリオ 1～7 の結果を通してみることで期間内の平均所要量が一定のもとでのバラつきがある需要に対して MRP と DDMRP の対応を調べることができる。

シナリオ 5、シナリオ 8～シナリオ 11 は標準偏差を一定にしたまま、平均値をシナリオ 8・シナリオ 9・シナリオ 5・シナリオ 10・シナリオ 11 の順に大きくしていくシナリオである。このシナリオ群では期間内の需要のばらつきが一定のもとで平均所要量がばらついたときの MRP と DDMRP の対応を調べることができる。

このように大きく分けて 2 つの状況においてのパフォーマンスを調べるために、表 25 および表 26 に示すシナリオ 1～11 を用いる。

表.25 シナリオ 1～7 (顧客からのオーダー)

シナリオ 1	変動係数0.04で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 2	変動係数0.12で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 3	変動係数0.25で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 4	変動係数0.38で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 5	変動係数0.49で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 6	変動係数0.84で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 7	変動係数1.24で、期間内平均所要量11.5

表 26. シナリオ 5、8～11 (顧客からのオーダー)

シナリオ 5	変動係数0.49で、期間内平均所要量11.5
シナリオ 8	変動係数0.49で、期間内平均所要量7.5
シナリオ 9	変動係数0.49で、期間内平均所要量9.5
シナリオ 10	変動係数0.49で、期間内平均所要量13.5
シナリオ 11	変動係数0.49で、期間内平均所要量15.5

## 6. 結論

シミュレーション結果から大きく三つのことが分かった。

一つ目は、需要が変動するあらゆるシナリオにおいて分散分析により、DDMRP は構成品目ほぼ全ての在庫水準を低く保つことができたということが分かった。

二つ目は、DDMRP の強みはデカップリングポイントにおける安定した在庫水準であるが部品では安定した在庫水準とはいえない結果になった。シナリオ 1～7 では、平均約 400～500 くらいで保っていたが、シナリオ 5、8～11 では安定していなかった。

三つ目は、DDMRP は期間内の平均所要量が少なくなったことを検知して、在庫水準を低くすることが分かった。デカップリングポイントを設けた完成品と部品のシナリオ 8,9 を見ているとどちらも低い水準で保っていることが分かった。逆を言えば、部品のシナリオ 10,11 を見てみると期間内平均所要量が多くなると在庫水準も高くなってしまっていることが分かった。

このように、全体を通して DDMRP のほうが在庫水準を保っていたが、DDMRP の恩恵を得られていない箇所も見受けられたということが分かった。

本研究では、DDMRP がさまざまな需要変動に対応することができることが分かった。特に、デカップリングポイントに設定した完成品の在庫水準は MRP と比べて少ない水準であった。しかし、一方で部品の在庫水準はほとんどのシナリオで MRP のほうが在庫水準を少なく保っていた。実験結果を見ると DDMRP を管理手法として採択するべきと思えるが、人的資源の制約条件・構成品目の要素によってどちらを採択するかは異なることは注意しなければならない。

在庫水準の安定性という意味でも、デカップリングポイントに選定した完成品では DDMRP の恩恵を受けていた。どのシナリオでも安定した在庫水準を保っていた。これにより異常に在庫費用がかかるリスクや販売機会

損失のリスクを防ぐことができる。

今回、シミュレーションモデル作成において人的資源のスケジューリングは考えられていない。しかし、DDMRPの結果をみると一番の課題である。結果を見ていただくとわかるようにDDMRPは直近の工場内状況を考慮に入れて生産計画・発注計画を柔軟に変更する。これは同時に人的資源の配置も柔軟に変更するということになる。無理があるような人的資源のスケジューリングが行われる可能性もある。こうなった際のDDMRPのパフォーマンスをどのように制御するのかというのは課題になる。

最後に、今回のモデルでは完成品を1つに限定してシミュレーションを行った。DDMRPは多種少量生産向けに提案された管理手法であるのに意味があるのだろうかという1つの疑問があがるだろう。しかし、このような簡単なモデルでパフォーマンスに差がみられたということに意味がある。多種少量生産の生産ラインでシミュレーションを行っても、今回のMRPとDDMRPのパフォーマンス結果の差が広がるだけである。そのような仮定から、本研究では完成品を1つに絞った。

## 参考文献

齋藤文徳(2018) 『SAP S/4HANA および SAP IBP の需要主導型補充 (DDMRP: Demand Driven MRP) : 納期対応とサプライチェーン全体の在庫最適化を実現』, SAP Business Innovation , <https://www.sapjp.com/blog/archives/18412>

高桑宗右エ門(2016) 『オペレーションズマネジメント』 中央経済社

鳥羽登(1995) 『SEのためのMRP』日刊工業新聞社

Favaretto,D.(2018) “ An empirical comparison study between DDMRP and MRP in material management ”, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3305114](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3305114)

Kelton,D., Smith,S., Sturrock,T. and Takakuwa,S(2017) *Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications*, Simio LLC(野村淳一・三輪冠奈・譚奕飛・岳理恵訳(2017) 『Simio とシミュレーション—モデリング・解析・応用—』 Simio LLC)

Lee,C.(2019) “ A mathematical safety stock model for DDMRP inventory replenishment ” , <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2019/6496309/>

Kuwahara,K.(2019) “Evaluating demand-driven material resource planning for an assembly line using discrete-event simulation” ,INFORMS annual meeting 2019 , <https://www.abstractsonline.com/pp8/#!/6818/presentation/12347>

Shofa,M.(2017) “Effective production control in an automotive industry: MRP vs demand-driven MRP”, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4985449>

Sullivan,L.(2015) “ Evaluating demand driven MRP: a case based simulated study ” , <https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/26668/>

Ptak, C. and Smith,C.(2018) Demand driven material requirements planning (DDMRP). 2nd ed. South Norwalk, Connecticut: Industrial Press, Inc.

Miclo,R(2018), “ Demand driven MRP: assessment of a new approach to materials management ” , <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1464230>

Yang,W., Kuwahara,K. and Takakuwa,S.(2019), “Performance analysis of demand-driven material requirements planning for a bicycle assembly company”, In Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference, edit by N. Mustafee, K.-H.G. Bae, S. Lazarova-Molnar, M. Rabe, C. Szabo, P . Haas, and Y.-J. Son, pp.644-645, <https://www.informs-sim.org/wsc19papers/071.pdf>