

# 不確実性を考慮した 生産スケジューリング法の検証

---

神奈川大学工学部経営工学科

生産・流通マネジメント研究室

海瀬蒼太 出口拓海

# 目次

---

- 研究背景・目的
- 検証方法
- 結果・考察
- まとめと今後の展望

# 金型工場の不確実性 1 : 特急ジョブ

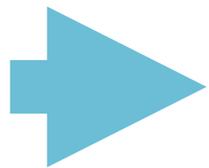
---

## □ 個別受注生産

製品の用途・精度はユーザーの要求を満たすように作る  
→製品ごとに作業が異なる

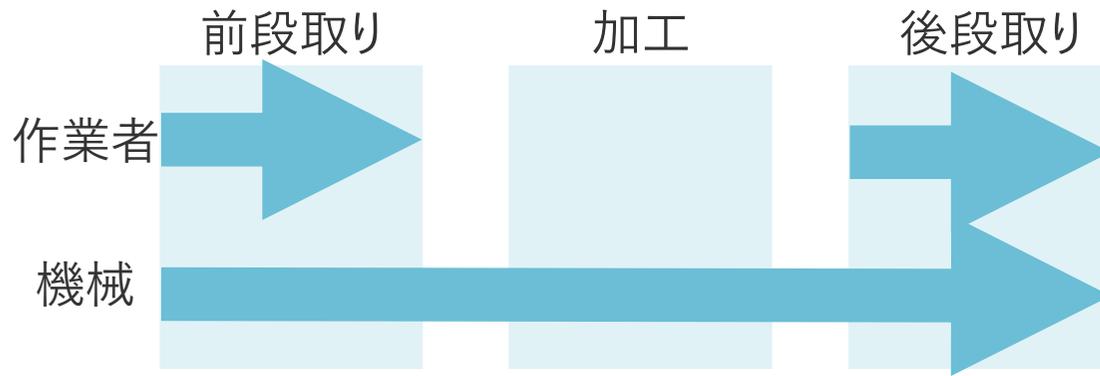
## □ 特急ジョブの発生

急な修理の依頼, 納期の前倒し, 納品数量の変更が発生する  
→修理作業を優先するため、特急ジョブが発生する



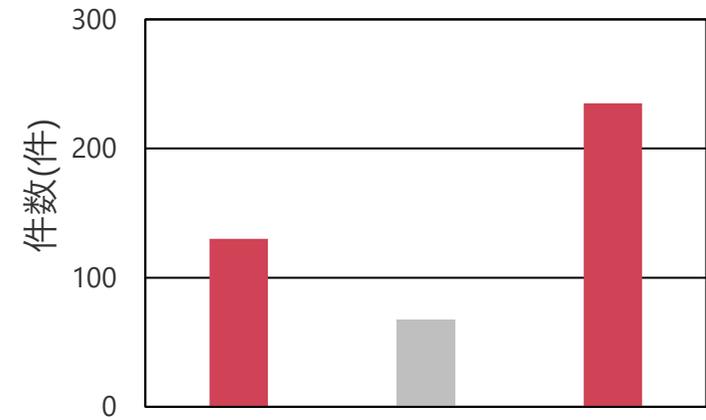
特急ジョブの発生によって  
計画していたスケジュールの実施が困難になる

# 金型工場の不確実性 2 : 段取り作業のばらつき



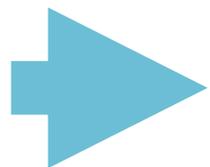
対象工程の作業手順

前段取り作業：治具の設置、工具の選定・設置  
後段取り作業：精度出し、掃除、片付け



実績 < 予定   実績 = 予定   予定 < 実績

A社で調査した結果：段取り時間の差異



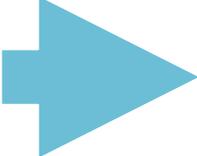
作業者の技能度によって、段取り作業時間が大きく異なる工場ではスケジュール通り行えていないのが現状

# 特急ジョブを考慮した研究

---

## 諏訪ら[1]

外乱に対応するためにスケジュール内にダミージョブを配置している  
スケジュール作成後にダミージョブを配置し納期遅れなどを評価している

 本研究はスケジューリングをダミージョブを考慮して行う

# 段取り時間の不確実性を考慮した研究

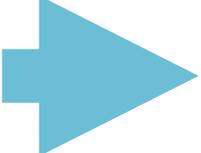
---

## 岩村ら[2]

確率分布で作業時間を表現  
作業時間を正規分布として仮定、各作業者は一つの機械のみを担当する

## 董ら[3]

ファジィ数で作業時間を表現  
リソースは機械のみで作業者の段取り作業はない

 本研究は作業者の段取り作業をファジィ作業時間で表現する

# 研究目的

---

- 特急ジョブと作業者の段取り作業の発生を考慮したスケジュールを遺伝的アルゴリズム用いて開発する
- スケジュールの有効性をシミュレーションで検証する

# ダミージョブの配置方法

---

- 対象の金型工場にヒアリングを行った  
特急ジョブが1日で2件程発生し  
発生タイミングは朝一と昼過ぎが多いということが分かった
- 本研究はスケジューリング内にダミージョブを2つ入れる  
ヒアリングの結果から朝一と昼過ぎに1つずつダミージョブを配置する

# 段取り時間のばらつき

## □ ばらつきをファジィ作業時間で表現

ジョブごとの標準作業時間と技能度との積によって算出

作業者の技能度は各機械ごとに決まっている

三角型ファジィ数によって作業時間を

(楽観値,中央値,悲観値)の3つで表現

	作業者	機械	標準作業時間	技能度	ファジィ作業時間
ジョブ1	1	2	10	(0.9,1.0,1.1)	(9,10,11)
ジョブ2	2	1	10	(0.8,0.9,1.0)	(8,9,10)
ジョブ3	1	1	10	(1.0,1.2,1.5)	(10,12,15)

# 作業終了時刻の計算方法

	作業者	機械	投入順序	ファジィ作業時間	作業開始時刻	作業終了時刻 (メイクスパン)
ジョブ1	1	2	1	(2,5,6)	0	(2,5,6)
ジョブ2	2	1	1	(3,4,7)	0	(3,4,7)
ジョブ3	1	1	2	(3,8,10)	$(2 \vee 3, 5 \vee 4, 6 \vee 7)$ $= (3, 5, 7)$	(6,13,17)

ファジィ数で作業時間を表しているため、作業終了時刻もファジィ数となる  
先行作業があるジョブは、そのジョブの作業終了時刻の和集合の値が作業開始時刻となる

# 実験条件

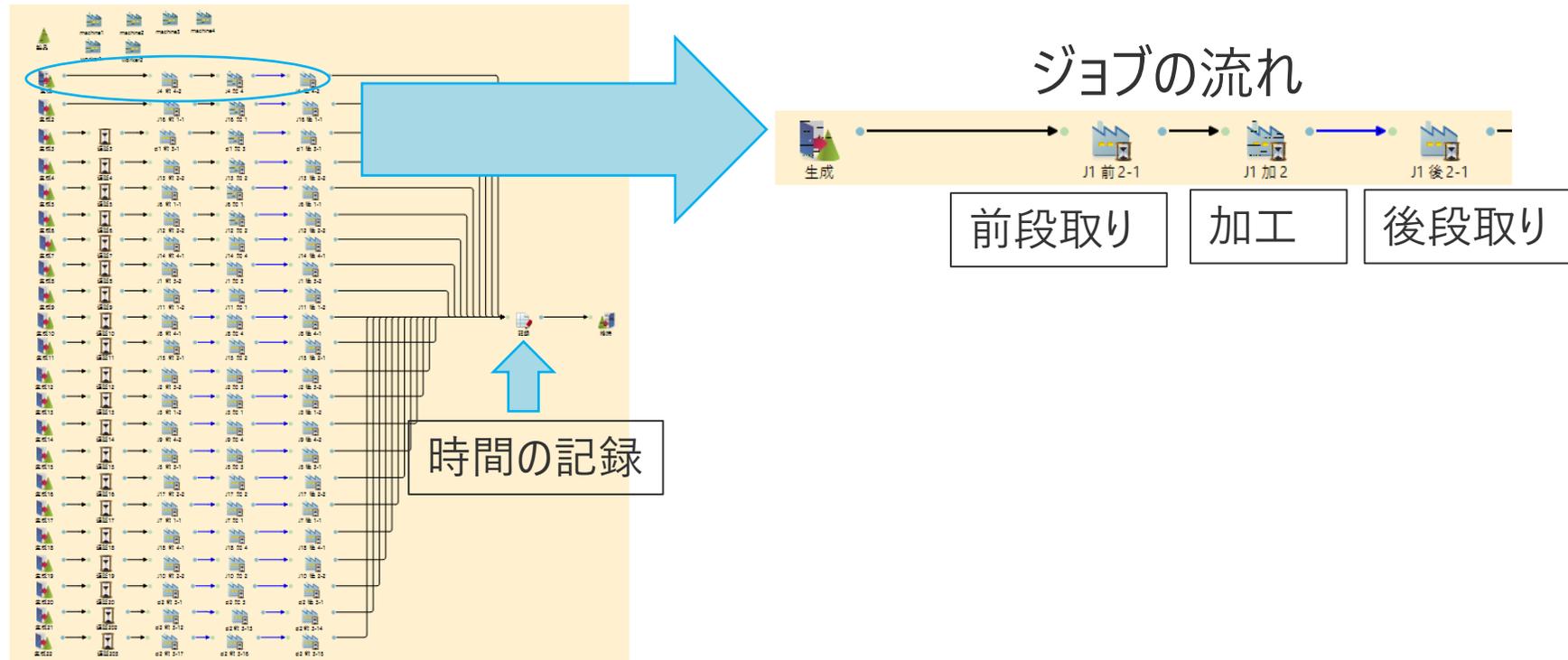
---

実験条件	
ジョブ数	20個
作業者	2人
機械	4台
特急ジョブ	0～2個

- 段取り時間のばらつきを一様分布で表現  
作業時間に±50%で最小値と最大値を設定
- 前段取り、後段取りは作業者と機械を占有  
加工は機械のみを利用

# 作成したシミュレーションモデルの全体図

スケジュールの結果を反映したモデル



それぞれの条件で1000回ずつシミュレーションを行い  
メイクスパンの平均値を算出する

# 特急ジョブを考慮したシミュレーション結果

- 特急ジョブが1個， 2個の場合のメイクスパン  
従来は特急ジョブが入ってきたらすぐに処理する  
1個の場合は朝一のみダミージョブを配置する

ダミージョブ数 (特急ジョブ発生数)	スケジューリング法	計画[分]	シミュレーション結果 (1000回の平均値)[分]
1	従来	307	355
	今回の提案	290~(322)~361	313
2	従来	307	355
	今回の提案	292~(322)~368	329

## □ 結果の比較

- ダミージョブを配置することによって従来よりメイクスパンが短くなった
- 従来のスケジュールに特急ジョブが入ることによってそれ以降のスケジュールがずれるためメイクスパンが長くなった
- 実際の現場では混乱を招き， さらに時間の遅れが発生することも考えられる

# 段取り時間のばらつきを考慮したシミュレーション結果

## □ ばらつきが±10, ±30, ±50%の場合のメイクスパン

今回の提案では段取り時間をファジイ作業時間でばらつきを考慮  
従来は段取り時間が一点値

		シミュレーション結果(1000回の平均値)[分]		
	計画[分]	10%	30%	50%
従来	307	295	308	327
今回の提案	267~(296)~313	281	294	313

## □ 結果の比較

□ ばらつきをあらかじめ考慮することによって計画との差異が従来より小さく今回の提案のほうが有効であることが分かる

# 2つの不確実性を考慮したシミュレーション結果の比較

## □ 計画とシミュレーション結果のメイクスパン

スケジューリング法	計画[分]	シミュレーション結果(1000回の平均値)[分]
従来	307	386
今回の提案	319~(349)~396	378

## □ 結果の比較

- 従来より短い結果が得られた
- 計画時間とシミュレーション結果の時間差も今回の提案したスケジューリング法のほうが短く有効であることがわかる
- 不確実性を考慮することで従来に比べてスケジュール通りに実行することが可能になった

# まとめと今後の展望

---

## □ まとめ

- 段取り時間のばらつきと特急ジョブの不確実性を考慮したスケジューリングアルゴリズムを提案した
- シミュレーションを実行し提案したスケジューリング法が従来より有効であり実行可能であることが確認できた

## □ 今後の展望

- ばらつきの大きさと特急ジョブの発生頻度をそれぞれ変化させて様々な条件でシミュレーションを行うことでスケジューリング法の有効性の範囲の検証を引き続き行う
- 長時間の中断がある突発事象を考慮した場合のスケジューリングアルゴリズムの作成

# 参考文献

---

[1]諏訪晴彦，勝村学，ダミージョブに基づくプロアクティブ・スケジューリング-納期余裕と遅れに関する考察-，第49回自動制御連合講演会，(2006) 岩村浩幸，吉岡卓也，谷水義隆，杉村延広，作業者の加工時間のばらつきを考慮したスケジューリングシステムの開発，日本機械学会論文集，Vol. 76，No. 766，pp.210-217 (2010)

[2]岩村浩幸，吉岡卓也，谷水義隆，杉村延広，作業者の加工時間のばらつきを考慮したスケジューリングシステムの開発，日本機械学会論文集，Vol. 76，No. 766，pp.210-217 (2010)

[3]董彦文，中村壘，北岡正敏，太田宏，ファジィ作業時間を持つスケジューリング問題の簡便解法，日本経営工学会論文誌，Vol. 48，No. 1(1997)

# 付録：2つの不確実性を考慮し作成したスケジュール

