

セル生産における作業柔軟性に関する考察*

— リレー方式によるパソコン組立を例に —

市川英孝

Many manufacturing companies have employed cell manufacturing. There are many kind of reasons but execting cell manufacturing must provide companyies a lot of merits. Primary merit which employs cell manufacturing is contribution to the productivity increase. And this paper reveals that working flexibility makes it possible to increase productivity. In addition to the basis of acquired date which watch shop floor of cell manufacturing, this paper brings out the mechanism of working flexibility.

I. はじめに

セル生産は、現在多くの企業で採用されている。特に組立てに関する作業においては、従来のベルトコンベヤを使用した、大規模な生産システムに代わるものとして活用されている。フォードを起とする大量生産システムでは²⁾、同じ製品を同じ品質で、大量にかつ迅速に生産できる機能を重視した (David A. Hounshell 1998)。しかし、この大量生産システムが破棄されて、セル生産システムへ移行しつつある。この理由は、現在の市場のニーズに対する合致が困難になってきたためと考える。

近年、市場ニーズの把握は困難を極めているといわれる。理由の一つとしては、消費者のニーズの多様化がある。また企業間における技術レベルの差が小さくなり、他社の技術を容易に模倣することが可能になるなど、各企業における製品の差異化が困難になってきている。このことにより、製品購入決定の際

の消費者への訴求要素において、製品機能の重要度が低下していると考えられる。このような状況下では、それに対応するために企業は多様な製品ラインナップを揃える必要が生じる。そして企業は製品の購買決定において、消費者のほしい製品をほしいときに供給する、生産能力が必要になる。このためには、消費者の要求に対し柔軟に、対応できる生産システムが不可欠になる。この柔軟性を実現するために、セル生産システムが多くの企業で採用されるようになったと理解する。

そこで本論文では、大量生産システムからセル生産システムへ移行する過程において、作業柔軟性が重要視されるようになった背景を述べる。また、市場のニーズへの的確な対応を可能にする、セル生産が内包する柔軟性について、実際の作業を詳細に分析することでその特徴を示す。そして多くの企業でセル生産が採用される妥当性を明確化を試みる。

* 論文審査受付日：2007年9月11日。採用決定日：2008年1月18日（編集委員会）

II. 企業でセル生産が普及する背景

消費者の嗜好、価値観の多様化により、個性に満ちた多様な製品が要求され、製品のライフサイクルは短くなる。また、企業における製品間の優位差が明確でないときには、消費者が購入を決定する要因は、すぐ手元へ消費者が望む商品が届けられるかどうか、すなわち即納期が重要になると思われる。そうであれば、製造段階で要求されることは、スルーブットタイムをいかに短縮できるかであると思われる。しかし短納期を実現するために、余計に部品在庫を保有する、製造過程において仕掛品を多く抱えるという状況は、企業の財務状況を圧迫するものであり、好ましい手段とはいえない。特に、多品種少量生産を実施しなければならない状況においては、小ロット生産を可能にするためにも、頻繁な段取り替えを要求される。だからといって、段取りに数時間もかかっているのは本来の趣旨からかけ離れ、消費者の要求に応えることはできないと思われる。そうであれば、いかに段取り時間を短縮するか、例えばシングル段取りといわれるような、10分以内に段取りを完了できるような、生産システムが必要になると考えられる。

以上のような生産システムは、まさにトヨタ生産システムにおけるカイゼン活動である。そして、その一つの実践システムとして理解されるセル生産は、多くの組立産業において1990年代以降に普及したと考えられる。

セル生産の最初の事例として、鈴木良治(2003)は1980年前後におけるオリエンタル・モーター社の事例を挙げている。同社がセル生産を導入した経緯は、小型モーターの多品種化が進んだことで、従来の大ロット生産、

長い生産リードタイム、客先の納期に間に合わせるための過剰在庫などが、経営に悪い影響を及ぼすようになったためであった。

しかし、1980年代は生産システムの改善といった、プロセス・イノベーションへ企業が関心を向けることは少なかった。理由は人件費の安い韓国、東南アジア、中国への生産シフトに多くの企業は腐心したためと考えられる。その後1990年代に入ると、ソニーやNECなどの大手企業がプロセス・イノベーションを実行するようになり、セル生産もそのひとつとして普及していった。この背景として考えられる要因には、バブル崩壊により、より一層市場の動向をつかむことが困難になったことが挙げられる。企業が消費者の嗜好を満たすために、新製品の目新しさを印象付けることで、彼らの購買意欲を増加させるため、製品ライフサイクルを短くすることで対応しようとした。このことは生産段階においてのこれまでの大ロット生産、つまり少品種大量生産を放棄することを意味する。

鈴木(2003)は、既存の組立て方式からセル生産へ移行した要因として“多品種化、需要変動、製品寿命短縮”の三つを挙げ、その理由として、「それらへの市場変化は既存の量産型製品市場の変質を意味し、少品種大量生産に適合して進化してきた既存組立て方式に重い負担を強いるものであった。その影響は高度経済成長を終えた1970年代から次第に現れ、とりわけ1990年代以降、輸出市場の拡大が1980年代までのようには期待できず国内市場の長期停滞基調も鮮明になると、市場変化の既存組立て方式への影響は深刻度を増したのである。現代的市場の変化の度合いがより大きい部面ほど既存組立て方式がより大きな困難に遭遇し、そのようなところから既

存組立て方式の放棄、セル生産方式への転換が起きた」と述べている。また坂爪（2006）は、セル生産導入が市場や組織内部の不確実性に対する調整負荷を減少させる効果を持つ、と述べている。

多くの企業が多品種少量生産へ移行しなければならなくなった最大の理由は、これまで述べたように、市場の要求の変化、すなわち消費者の嗜好の変化に迅速に対応するためであり、現代の多くの企業にとって、多品種少量生産は企業間競争を勝ち抜くため、そして「ゴーイング・コンサーン（継続的に存在する機関）」存立に必要な不可欠な要因となっている。多品種少量生産をはじめ、コスト削減、製品ライフサイクルの短縮などに対応することで、企業が持つ生産システムを強化し、他の企業に対して優位性を示す必要性が生じた。生産システムの強化＝プロセス・イノベーションに関して藤本隆宏（2000, 2001a）は、生産システム＝組織能力の競争機能を分析する場合、「表層のパフォーマンス」と「深層のパフォーマンス」³⁾を区別し、後者に焦点を当てる必要がある。企業は、最終的には「表層のパフォーマンス」の優劣を競い、顧客の支持率を競い、結果として相応の利益を得る。しかし、その水面下で、顧客が直接評価をしない生産性や生産リードタイムといった指標に関しても、お互いにベンチマーキングしあって優劣を競うことが稀ではない、と述べる。そして現代の企業においては、コストと短納期における優位性を明確に打ち出す企業が増加し、生産システムの強化＝プロセス・イノベーションに大きな焦点が向けられている（後藤康浩2005）。

このような環境下に企業が置かれているために、生産システムの強化＝プロセス・イノ

ベーションを志向するようになったと考えられる。また多品種少量生産を実行するためには、段取り替えに要する時間を極力ゼロに近づける必要がある。企業に価値をもたらす作業は正味作業時間だけである。実際に製品の加工、組立てなどの作業以外の、段取り時間や手待ち時間などの価値を生み出さない作業が、企業に貢献することはない。そうであれば、多品種少量生産において必要となる、多くの段取り替えにかかる作業時間を極力ゼロに近づけ、正味作業時間を増やすことは企業活動にとって重要な要素である。多品種少量生産を可能にし、さらに必要となる段取り替えにかかる時間を極力省くことができる生産方法がセル生産であると考えられている（Katsuhide Isa and Tsuyoshi Tsuru 2002；酒巻久2006；信夫千佳子，森健一2003）。本論文では、柔軟性を内包するセル生産システムを「少人数による、自己完結性が高く、作業者同士で作業を助けあうことで手待ち時間を極力省いた生産システム」と定義する。

Ⅲ. 作業において柔軟性が必要とされる理由

それまでのコンベヤなどを使用した大規模な生産システムから、セル生産が志向された理由は2章にて詳述した。端的に言えば、それまでの生産システムでは、市場（消費者）の要求に対して迅速に対応することが困難であったこと、また他社との競争に勝ち抜くためには、プロセス・イノベーションでの優位性が必要であったこと、などが考えられる。そしてこれまでの先行研究からも明らかのように、セル生産には他の生産方式よりも生産段階において発生する不確実な要因に対して、

“柔軟”に対処できる機能に、その優位点があると理解される。

生産方法に「柔軟性」が必要とされる理由を考える。コンベヤなどを使用した大規模な生産システムが得意としていた製品群では、大量生産を前提とする生産方法であった。(David A. Hounshell 1998; 藤本2001b)。フォードを起源とする大量生産システムでは、同一品種(例えばT型フォード)を生産し続けることで、効率性を追求した。それにより自動車を多くの一般市民にとって手の届く存在にした。このことは、革新的イノベーションの段階における生産システムでは、非常に有効な手段であると考えられる。しかし、T型フォードがたどるフォード社の歴史からも明らかなように、市場が成熟し、消費者の可処分所得が増加するなかで、市場(消費者)の嗜好を満足させるためには、単一品種を断続的に供給するよりも、多くのバリエーションの供給を可能にすることが、より多くの市場(消費者)の満足を獲得できる。それにより企業は多くのシェアを獲得することになり、他社と比較して優位に立つ。このことは自動車産業における、大量生産方式のフォード生産方式に対する、GMが行ったフレキシブル生産方式(スローン方式)であると理解できる(藤本隆宏2001a)。

このフォードとGMの結果は、市場(消費者)の嗜好の変化に迅速に対応することが、企業にとっては必要不可欠な企業活動であることを示している。まさにフレキシブル(柔軟性)な生産システムが重要な要素であるといえる。現代では、消費者嗜好の変化が非常に速いため、GMが行ったフレキシブル生産方式よりもさらに柔軟な生産システムが必要とされている。多種の要因による不確実性に

対処する生産能力が求められる中で、柔軟性を内包するセル生産は、その不確実性に対する高い対応力を持ち合わせている生産方法と考えられる。

本論文では、「柔軟性」という単語が非常に重要な意味を持つ。「柔軟性」が持つ概念について坪根と松浦(1995)は、「柔軟性には、範囲の経済性(Economics of scope)、小ロットサイズ(Small lot size)、多目的設備(Multi-purpose facility)、多様な製品(Product varieties)、多様化Diversification)、生産の質的能力(Capability of Production)、量の変化(Volume change)、工程変更の容易さ(Ease of process change)などの概念を含蓄する」と述べている。そこで本論文では、この概念を踏襲しつつ、多品種少量生産に対するセル生産の柔軟性ということで、①小ロットサイズ・少数生産を可能にする、②生産の質・量的能力を向上させる、③量・種類の変化に対応できる、の3項目を概念として設定する。

また、坪根と松浦(1995)は、生産上必要不可欠な柔軟性のタイプとして、(1)機械の柔軟性、(2)突発の柔軟性、(3)作業の柔軟性、(4)工程の柔軟性、(5)搬送の柔軟性、(6)製品の柔軟性、(7)量の柔軟性、(8)多品種の柔軟性、(9)拡大の柔軟性、(10)計画/スケジュールリングの柔軟性、を挙げている。本研究では、10の柔軟性の中から(3)作業の柔軟性、(4)工程の柔軟性について検証する。その理由は、他の生産方式と比較してセル生産のメリットであり、上記で述べた柔軟性の概念を可能にするために必要な要素であると考えられるためである。そして企業がセル生産を採用する上での重要な要素であることも考えられる。また、これまでの先行研究においても、セル生産の特

徴としてこの二つが取り上げられており、本論文における検討の重要性を示すことができると考える。

IV. それ以前の生産方法に対するセル生産の柔軟性

生産システムにおける柔軟性は、フォード生産方式以前から追求されていた。例えば、19世紀の自転車生産やミシン製造においても、工具やゲージ類などを用いることにより、部品の共通化や、多くの時間を要していた手直しの時間の削減を追求した⁴⁾。しかし、フォードによる大量生産以降、柔軟性よりも生産性⁵⁾が重要視されるようになった。フォードが大量生産を実現するためには、特定の熟練作業者がもつ経験と勘を必要とする作業方法ではなく、どのような作業でも同じ規格の部品を、停滞せずに生産できるように行う必要があった。そのために、各部品に対する専用機械を用いることで、それを可能にした。専用機械を使うことによって同一規格の部品を大量に生産することができ、規模の経済性は達成することができたが、異なる規格の部品を少量で生産することに対しては非常に難しくする原因となった。

アメリカでは「生産性のジレンマ」——生産性は低くても頻繁に生産物のモデルチェンジを行うのか、あるいはモデルチェンジをせずに生産性を上げるのか、このいずれかを選択するという問題——が今なお議論されている。このジレンマは、決して新しいものではない。これは1920年代末には大量生産のエートスと新しい消費パターンが確立されるとともに生まれたのである（Hounshell, 1998）とある。ここで生産物の頻繁なモデル

チェンジを、“柔軟性を持たせた生産”と置き換えれば⁶⁾、アメリカでは生産性と柔軟性はトレード・オフの関係にあるといえる。同様にアメリカでは、生産性と高い品質がトレード・オフの関係にあるといわれる。しかし、藤本（2001a）が述べているように、戦後日本の製造業は高い生産性と、高品質を実現すると同時に高度な柔軟性も実現し、世界から賞賛を勝ち得てきた。非常に大きな消費者層を持つアメリカ市場と異なり、日本という小さな市場では、同じものを延々と生産し続けることは不可能であった。初期の自動車製造においても、企業の資本体力が十分でなかったこともあり、小ロット生産を強いられた。だからといって、生産性を低下させてしまえば、ただでさえ少ない企業体力を低下させ、生き残ることも難しくさせる。そのため、柔軟性を持ち、さらに生産性を低下させない、さらには高品質を維持する生産システムの構築が急務の課題であった。そのような背景において、トヨタ生産システム（TPS）などの日本企業独特な生産システムが企業ごとに考案され、現在の日本企業の基礎を作り上げるまでになった。つまり日本企業は、アメリカでは不可能と思われていた、高い生産性、高品質、高度な柔軟性を同時に可能にする生産システムを実現したことにより、プロセス・イノベーションにおいて欧米企業に対し圧倒的な優位な立場を築いた。

このような柔軟性を持つ生産システムを構築するために、坪根（2000）は、

- (1) 環境の不確かさの内容に応じてどのようなタイプの柔軟性が必要か？
- (2) 柔軟性のタイプは生産性・品質・競争上の有利さにどのようなインパクトを与えるか？

(3) 柔軟性を高めるためには、どのような方法があり、どのようにして達成するのか？

(4) 柔軟性をどのようにして評価するのか？

以上の 4 点について明確にすることで、各企業がどのような柔軟性を持つ生産システムを採用するかが、はっきりすると述べている。

この指摘に対して、一般的に評価されているセル生産で上記 4 点の回答は、

1) 現代の消費者の嗜好を把握することの難しさから、製品のモデルチェンジを必要とに行うことを可能にする柔軟性が可能

2) セル生産の柔軟性は、小ロット多品種生産を可能にし、一個流しを行うことで品質に関しても作業者に高い意識を持たせる。よって柔軟性を持たない生産システムを採用する企業に比較し、明確な競争優位、ならびに製品の差別化をもたらす

3) 大量生産において主流だった見込み生産から、BTO (Built to Order) もしくは、MTO (Make to Order) を可能にすることで、市場の要求に対して的確に反応し、無駄な製品、材料を持つことをなくし、財務面においても柔軟性に欠ける企業に対して競争優位を果たす

4) 製品のスルーputタイムを短縮し、仕掛品・材料・部品の量を削減し、作業者の正味作業時間の割合を増加させる、など、セル生産に関しては、以上の特質があると考えられる。以下の章では、実際のセル生産の作業を観測し、分析することでこれらの特質を可能とする要因を明確にする。

V. N 社 Y 事業場での作業観測

1. N 社 Y 事業場における生産現場の状況

N 社 Y 事業場では、2000 年より受注から生産指示、調達、製造、出荷まですべての工程が自律的に動く仕組みを目指し、外部生産コンサルタントによる指示を仰ぎながら、トヨタ生産方式 (JIT) を自社に適した形で取り込むことによって、現場改善を行ってきた。現場改善での N 社 Y 事業場においての特徴としては、以下のようなものが挙げられる。

リレー方式 …… 作業工程間のバラツキを自律的に解消する仕組み。作業が完了したら前工程の作業を取りに行く。後工程で作業が滞っていたら前工程が作業を手伝う (応受援)

部品供給 …… 保税 JIT 調達 (海外 ODM から調達するベースユニットは保税のまま米沢近郊の倉庫に保管し、JIT 納入) キーコンポーネント (HDD, ODD, メモリ等) は VMI 方式
部材ストアには約 1 時間分の在庫、みずすましがモノと情報の伝達

混流生産 …… 多品種 (BTO), 小ロットに対応する混流生産の仕組み。N 社の現状は 2 万点の品種のうち、1 ヶ/日の製品約 4 割、10 ヶ/日以下約 7 割。この多品種少量生産の中、仕掛かり在庫を削減するため、また見込み生産ではなく受注後生産することを可能にするため、1 つのセルで複数の機種を生産できる仕組みを作る。

パソコンの特性として、製品サイクルは 3 ヶ月。ライフサイクルを見極めた中で量産初

期の中で作りこみ、徐々に生産量を減らしていく。また、ボーナス期、クリスマスなどの繁忙期には、閑散期の生産量の2倍以上になる。量の変動に対処するために生産数の平準化を行い、必要な時期に必要な量を調達し、生産することが必要となる。セル生産は混流生産を可能にする生産方法として最適と考えられる。

2. N社Y事業場での現場改善の変遷

N社Y事業場では2000年8月より、外部コンサルタントを招き現場改善を開始し、以後2004年10月までに生産性6.5倍（00年度比）を達成した。変遷の概要を示す。

2000年8月

第一回指導会時

- コンベアを撤去し、N社独自のセル生産ライン
- ライン長：17m、構成人員：11人、一人当たりの生産量：8台/日

状況：組立て、エージング、検査がバラバラ。標準化されていない作業、動き

2001年

- 組立て、エージング、検査ラインを一直線にレイアウト変更
- 作業者を多能工化、リレー方式採用、柔軟にライン人員を変更可能にする。
- 生産性2.5倍（00年度比）

2002年

- 組立て/検査各3人の6人構成（45%減）
ライン長：11m（35%短縮）、生産性：4倍（00年度比）
- みずしましによる部材供給化

2002年

デスクトップパソコン

- 5箇所あった製造ラインを社内へ統合、
ライン数：8本→20本
- ライン長：7.5m（65%短縮）、生産性：5倍（00年度比）

ノートパソコン

- ライン数：6本→20本、ライン長：7.2m（68%短縮）、生産性：5倍（00年度比）

自動化の改善（社内製の設備、ながら設備）

- 9秒短縮（自動引き出し機、自動エアブロー装置）
- 10秒短縮（ネジ締め装置）
- 33秒短縮（昇降機構付き作業台、自動送り機構、添付品棚ランプ）
- 6秒短縮（梱包工程自動化）
- 1名の活人（エージング棚の超コンパクト化、インライン化、自働昇降機構）
- 作業の問題の顕在化（アンドンの使用）

2004年

- 活フロア：約10000㎡、棚卸回転日数：半減
- 生産性：6.5倍（00年度比）、3～4秒に1台のパソコン生産、日産8千台
- FRIPシステムによる可視性向上

継続的な改善により、フロア22㎡から8.6㎡へ。3人構成、スペース1/3で、生産性3倍のトリプル・スリーを目指す。

また、生産部門の改善だけではなく、発注から納入までの期間を短縮するVCM（Value Chain Management）システムを導入し、IT活用による需給計画のスピードアップ化（1.5週→3日）を行っている。

VI. 観測結果の考察

1. N社Y事業場での生産の特徴

N社Y事業場では、3人が一組となってパソコンを組立てている。表1にもあるように、Worker 1が組立作業、Worker 2がエージング前後検査、Worker 3がエージング後検査と梱包を担当する。しかし工程範囲に関しては、厳格な分割は行われていない。表1にあるように、実線の部分が各Workerの主となる工程範囲であるが、破線部も状況により担当する。この状況とは、隣の作業者の進行具合に合わせて、どこの段階で作業を引き継ぐか各Workerが判断する。例えば、Worker 1が組立作業を終了した時点で、まだWorker 2の作業が途中で、製品を引き継がない場合には、工程範囲の2-20まで作業を行うことがある。このような行為を“応受援”と呼び、各Workerの前後の工程を行うことで、前工程のWorkerが作業待ちを避けることが出来る方法を採用している。この方法は、パソコン組立ての作業を通じて、工程の柔軟性を持たせることに主眼を置く。各Worker間に“のりしろ”の部分を設定することで、一人のWorkerが忙しいときに、他のWorkerが暇をもてあそぶという状況を極力排除できる。補足資料で図示するように、必要に応じて各Workerが他のWorkerの作業工程を行っている。この行為によって、Workerの手待ちを防ぐことが出来、生産性を上昇させ、ならびにスループットタイム短縮の短縮を可能にした。これは大規模な生産設備においても、すべての作業者の能力に合わせ、作業が適切に分割していれば解決される問題であるといえる。しかし、なぜ大規模な生産設備を使用した生産システムが否定さ

れ始めたのかといえば、その作業分割を適切に行えなかったことに端を発すると考えられる。たとえ作業場は適切に分割できる作業であったとしても、実際の作業を行う上で、イレギュラーな要素まで排除することが出来ない。イレギュラーとは、製品や部品の不良品の発生、各作業者の日々の体調の善し悪しも含まれる。このような不確実性は発生がランダムなため、予測が非常に難しい。数字で明確にすることが難しい要因に対処するためには、N社Y事業場における工程間のように“のりしろ”の部分に設定し、柔軟性を持たせることで対処することが最善な方法であると考えられる。また、この“応受援”の行為により、ただ自工程を行えばよいという、気持ちも排除することを可能にし、各Workerが前後の作業も意識することにより、作業の流れをしっかりと把握するように努めることが考えられる。これらにより生産性の向上が可能になると理解される。

もうひとつ、N社Y事業場での生産の特徴としてWorker 2の作業について挙げる。補足資料を見ると明らかであるが、Worker 2の作業台が3つ存在する。この理由は、Worker 2の作業内容に、多くの手待ち時間⁷⁾が存在するためである。もし作業台が1つしかなければ、手待ち時間が終わるまでWorkerは作業を行わず、それにより生産性が低下すると考えられる。そのため、作業台を3つ設置することにより、1つのパソコンで手待ち時間が発生したとしても、他に作業できるパソコンに取り掛かることによって、Worker 2の実質の手待ちを防ぐ役割を持たせる。補足資料で明らかなように、Worker 2は頻繁に作業を行う台を替えている。これは、作業を行っていた製品に作業待ち時間が

セル生産における作業柔軟性に関する考察

図1 要素作業分析表 (要素作業時間は、トータルの作業時間を1としたときの指数)

	要素作業分析	要素作業時間(秒)	Aラインオペレーター		
			①	②	③
組立工程	1-1. ベースの取出し	0.003			
	1-2. キーボード、キーボードカバー、スイッチボード、サーマルプレートの取外し	0.013			
	1-3. CPUの取付け	0.003			
	1-4. CPUのビス止め(1ヶ)	0.004			
	1-5. ヒートシンクの取付け	0.003			
	1-6. ファンの取付け	0.001			
	1-7. ヒートシンクのビス止め(5ヶ)	0.016			
	1-8. ファンのビス止め(1ヶ)	0.005			
	1-9. ODDの取付け	0.004			
	1-10. LCDの取出し	0.005			
	1-11. LCDケーブルとクローズオフケーブルの取付け	0.003			
	1-12. スwitchボードの取付け	0.003			
	1-13. サーマルプレートの取付け	0.003			
	1-14. ビス止め(10ヶ)	0.040			
	1-15. キーボードのはめ込み	0.004			
	1-16. キーボードカバーの取付け	0.005			
	1-17. LCDロゴプレートの貼付け	0.004			
	1-18. CPUシールの本体貼付け	0.006			
	1-19. LCDのヒンジカバー2個の取付け	0.009			
	1-20. 本体側面のビス止め(2ヶ)	0.006			
	1-21. 側面に目隠シールの貼付け	0.003			
	1-22. 裏側にビス止め(2ヶ)	0.006			
	1-23. リップスイッチボードの取外し	0.004			
	1-24. リップスイッチボードの確認	0.008			
	1-25. メモリの取付け	0.002			
	1-26. メモリカバーの取付け	0.003			
	1-27. ビス止め(1ヶ)	0.003			
	1-28. HDDの取付け	0.004			
	1-29. HDDカバーの取付け	0.003			
	1-30. ビス止め(2ヶ)	0.003			
	1-31. バッテリーを取付け、組立て終了	0.002			
	合計	0.181			
エーシング前検査	2-1. 電源コードをの差込み	0.002			
	2-2. 検査媒体を入れ、電源オン	0.003			
	2-3. プリントケーブル、RTC/パソコンコネクターの差込み	0.003			
	2-4. バイオス初期化 (20sec)	0.030			
	2-5. FDからHDDへデータの書き込み (85sec)	0.070			
	2-6. 装置のモデルを選び、DM情報の書き込み	0.006			
	2-7. エーシング時間の設定 (33sec)	0.034			
	2-8. MACアドレスの入力 (17.7sec)	0.015			
	2-9. 検査CDのセット	0.003			
	2-10. LEDの点灯確認	0.005			
	2-11. LCDのクローズ確認	0.004			
	2-12. マウスポインターの動作確認	0.007			
	2-13. CPUファンのノイズ確認	0.001			
	2-14. 内蔵スピーカースのドレミ音確認 (34.9sec)	0.030			
	2-15. これでUT1が終了。これからUT2の開始	0.000			
	2-16. 電源ケーブルを全部はずして、もう一度電源を入れる (60.7sec. 17.6sec.)	0.073			
	2-17. サスペンデッドメニュー(LCDを閉じ、もう一度画面を開け、画面がつかく確認) (22sec.)	0.022			
	2-18. 後ろUSBポート2箇所確認 (23sec.)	0.020			
	2-19. 側面USBポート2箇所確認 (45.7sec.)	0.038			
	2-20. エーシング検査FDを入れ検査終了	0.004			
	合計	0.370			
エーシング後検査	3-1. CRT端子をつないでインターネットキーで電源を入れる	0.003			
	3-2. RUNケーブルと、カードバス、オーディオケーブル、Sビデオ端子をつなぐ	0.004			
	3-3. テンキー、マウスの端子を差し込んで立ち上がり待ち (38.7sec.)	0.033			
	3-4. 立ち上がるとUT6の画面が出る	0.000			
	3-5. 立ち上がったらエンターキーを押し、外の画面に映るか確認	0.046			
	3-6. Sビデオ端子からの映像確認	0.003			
	3-7. 本体の液晶パネルの確認、ブライトネスの確認	0.002			
	3-8. ファンの回転の確認	0.001			
	3-9. カードバスのテスト (34sec.)	0.029			
	3-10. キーボードの打鍵の確認	0.002			
	3-11. CDRWのメディアテスト (20.2sec.)	0.017			
	3-12. CDの取出し	0.001			
	3-13. 外部マウスとテンキーの確認 (40.6sec.)	0.035			
	3-14. オーディオケーブルをはずして左右スピーカーステストの確認	0.003			
	3-15. UT7のテスト終了	0.000			
	3-16. フロップキーを取り出し、エンターキーを打つと自動で電源が落ち、重要項目のテスト媒体を入れて電源ON (98.3sec.)	0.082			
	3-17. シリアルを確認し、下2桁の入力	0.002			
	3-18. 型番号を確認し、次のテスト	0.021			
	3-19. 日時と時間の確認	0.007			
	3-20. マウスバットの動作確認 (17.3sec.)	0.034			
	3-21. トレーサビリティの情報	0.001			
	3-22. HDの情報外部FDへ送る	0.003			
	3-23. 重要項目のテストの終了	0.000			
	3-24. 外観検査	0.005			
	3-25. LCDの清掃	0.013			
	3-26. 最終的な外観チェック	0.024			
	3-27. 前工程まででの異物などのチェック	0.028			
	3-28. ねじの欠品チェック	0.011			
	3-29. シリアルナンバーシールの貼付け	0.011			
	合計	0.419			
梱包	4-1. 箱を出す	0.001			
	4-2. ラベルを箱に貼る	0.010			
	4-3. 本体を袋につめる	0.004			
	4-4. 本体に緩衝材の取付け	0.002			
	4-5. 本体の箱詰め	0.003			
	4-6. ランプのついたところから添付品を取り出し箱へ入れる	0.010			
	4-7. すべて入れ、ランプの消灯を確認後、終了	0.000			
	合計	0.030			

実線が基本的な作業、点線が補助作業(応受援)

発生し、作業が可能となっている他の台にあるパソコンに取り掛かる。作業においてどうしても避けることの出来ない手待ち時間を極力排除するために、作業に柔軟性をもたせる意味がある。特に Worker 2 の作業範囲には手待ち時間が多く存在し、手待ち時間と正味作業時間の割合は、3 : 1 である。もし作業台が一台しかなければ全作業時間の3/4の時間を、手を止めたまま待つだけで、生産性を高めることは出来ないと考えられる。さらに大半の手待ち時間のため、Worker 1 と Worker 3 との工程分割の兼ね合いも不安定なものとなり、各 Worker にマイナスの心理的要因が発生すると思われる。ここでの作業は、もっとも作業のバランスがとりにくいと考えられる、Worker 2 の作業状況を Worker 1 と Worker 3 が適宜確認しつつ、作業のバランスをとるために応受援を行い、全体のバランスに注意しつつ生産性を高めるよう心がけている。

2. Worker 2 の作業数値分析

N社Y事業場でもっとも柔軟性を持たせている工程は Worker 2 の作業方法、つまり3台の製品を頻繁に入れ替え、一製品あたり短時間の作業を行っている点にあるといえる。6.1章で述べたように、Worker 2 の作業時間の約3/4が手待ち時間になっていることから起因すると考える。Worker 2 の作業の柔軟性を明らかにするために、約5時間にわたる実際の作業をビデオに撮り、作業分析を行った。そこで採取したデータを図にしたものが補足資料である。Worker1には手待ち作業はなく(応受援では手待ち時間は存在する)、Worker 3 は一部に手待ち時間が存在するが、ほとんど作業には影響しない。そのため詳細

な分析は Worker 2 のみとする。補足資料の説明として、ページの頭の Worker 2 の真下にある四角囲みの数字(1, 2, 3)は作業台を示している。作業台1, 2ではエージング前検査工程(2-1~2-20)を、作業台3ではエージング後検査工程(3-1~3-23)を行う。その下の図は、時間推移に従う作業内容である。丸囲みの数字は、表1の作業番号(ハイフン以降の数字)と一致する。Worker 2 の作業推移は、作業が終わり手待ち時間が発生すると、他の作業台にある作業が可能となっているパソコンへ移る。そのため補足資料を見て明らかなように、数秒の作業時間で他の台のパソコンへ移ることも頻繁に起こる。

Worker 2 の一工程の平均の作業時間は、約5.85秒である。そして作業台の推移は1秒弱から1分前後である。1つの作業台において作業する一回の作業時間(作業を始めて手待ち時間が発生し、他の作業台へ移行するまで)の各作業台での正味作業時間を表2に示す。表2での平均正味作業時間からも分かるように、Worker 2 が1つの台で一回の作業を行う時間は短い。補足資料からも、Worker 2 が行う作業の時間は短く、作業工程は非常に狭い。この狭い工程を短い作業時間で行うことで、本研究におけるセル生産の作業における柔軟性を達成することができたと理解する。作業工程内に存在する手待ち時間も、このように3台の作業場を確保することで、ほとんど発生していない。作業台が3

表2 各作業台における一回の平均正味作業時間
(単位: 秒)

作業台	1	2	3
作業一回における平均正味作業時間	15.18	13.89	22.10
標準偏差	11.4	11.2	17.0

台あるために、作業するパソコンをめまぐるしく変えながら、生産性を低下させずに連続した作業にするため、Worker 2 の持つ能力に高く依存すると考えられる。しかし、大規模な生産システムによる生産体制では、このような手待ち時間を排除するという仕組みは考慮されずに、作業の一部として組み込まれていたと考えられる。そうであれば、Worker 2 の作業時間の約3/4という時間を占めている手待ち時間を、ムダにしていたといえる。セル生産ではこのムダにしていた時間を、正味作業時間に転換することを可能にした。このことから、柔軟性を持たせることで、生産性を高めることが出来たと判断でき、欧米では困難と理解されてきた、柔軟性を高めることと同時に、生産性を高めることは可能であることが明らかになった。

Ⅶ. おわりに

本論文において、これまでの大規模な設備を要した生産システムと比較し、セル生産における柔軟性が高いことを示した。特に工程の柔軟性と、作業の柔軟性についてセル生産では高いメリットをもつことが理解された。これまで多くの先行研究において、大規模な設備を使用した生産方式と比較して、多品種少量生産を有効に機能させるために、セル生産は非常に高い効果をもたらす生産システムとして評価されている。しかし、セル生産の研究では、作業者のモチベーションを高めることや、セル生産に従事する作業者には高い技術を要すること、などの定性的研究が非常に多く占めてきた。これだけセル生産に関する研究が多いのにも関わらず、定量的分析による研究は非常に少ない。また、柔軟性に関

する研究においても、実証的な研究は少なく、特に生産においていかに柔軟性が必要とされ、その中でどのように柔軟性が機能するかという研究は稀有であると思われる。そしてセル生産は、クラフトマンシップによる生産からフォードによる大量生産方式を経て、生産システムの歴史の中でも非常に高い柔軟性を内包した生産方式といえると評価されるが、このことに関する記述も少ない。

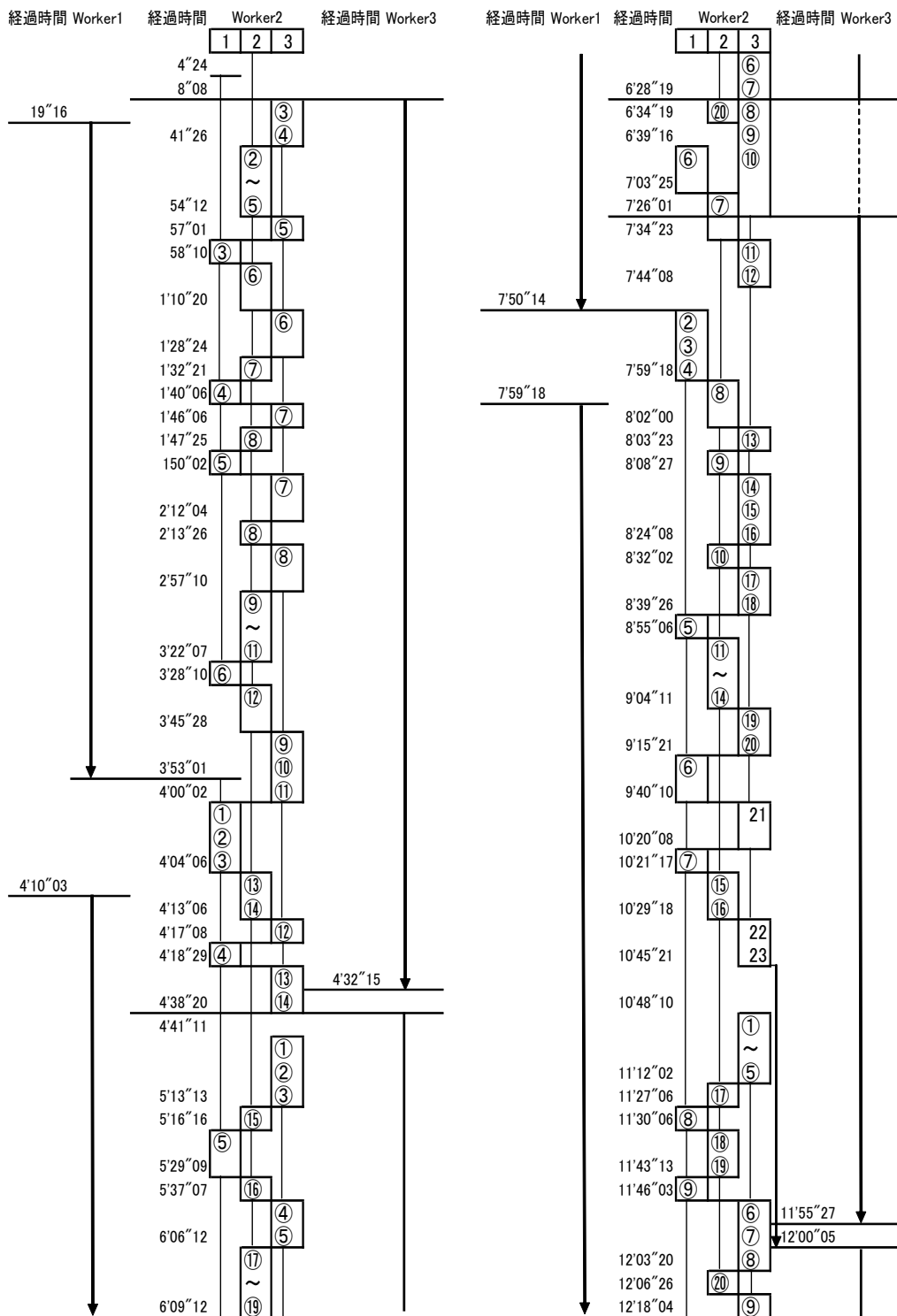
本研究は実際のセル生産を実施した工場において、詳細な作業分析を行い、そこに存在する高い柔軟性を明らかにし、高い柔軟性を可能にしているメカニズムを明らかにしてきた。また本研究では、セル生産が包含する高い柔軟性を示すことで、現在セル生産を採用している企業がさらに高い柔軟性を追求しようと、さらなる改善のきっかけともなると考える。またセル生産を採用していない企業が、生産において柔軟性を必要と感じ、セル生産を導入するきっかけになればと考える。しかし、導入しようとする企業やその体質、製品が異なれば当然、採用するセルの仕組みも異なるということは非常に重要である。企業が採用する戦略に唯一の解がない (Henry Mintzberg; 2005, ヘンリー・ミンツバーグ他; 2006) のと同様、生産方式にも同じことがいえると思う。

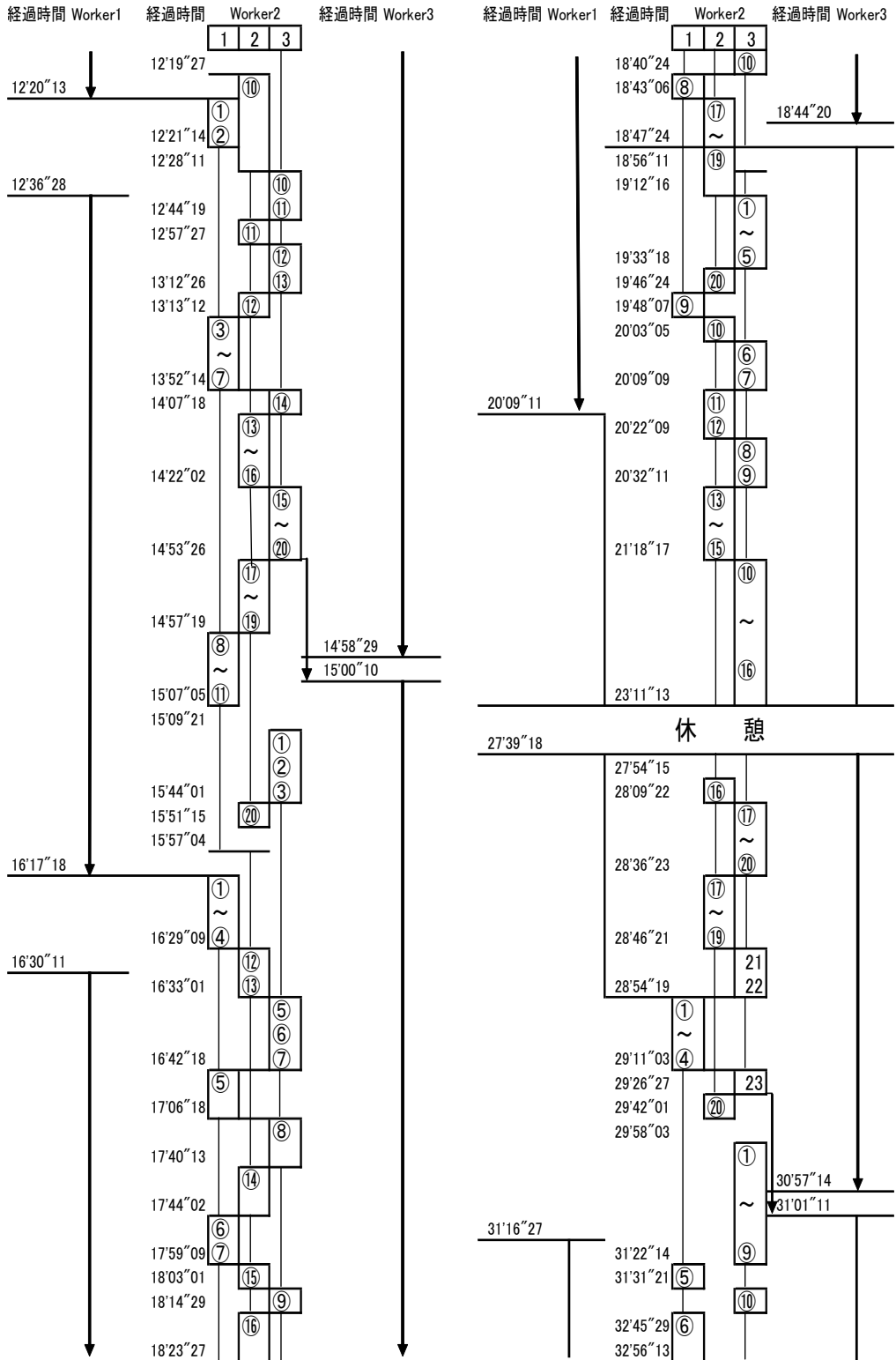
本研究で取り上げたセル生産の実例は、多くの中の1つであり、他の企業で採用しているセル生産における柔軟性とは異なるかもしれない。セル生産には明確な定義は存在しない。セル生産とは呼ばなくても、このような生産方式を取り入れている企業は存在すると思われる。しかし、それら全ての企業の取り巻く環境が非常に厳しいことに間違いはないだろう。そして生産システムにおいて柔軟性

が緊要であることも確かである。市場のニーズの変化がいつ、どのように起こるか予測が難しくなっている環境下で、適切に市場のニーズに反応するためには、企業における生産方式、ならびに生産システムに高い柔軟性が備わっていることが必要不可欠な要素であると考えられる。そのためにも、仕組みはどうか、柔軟性を内包した生産システムを構築することは重要だと考えられる。その中で、セル生産は高い柔軟性を理由に、現代の市場ニーズを把握しづらい環境において、非常に有効な生産システムであると評価される。

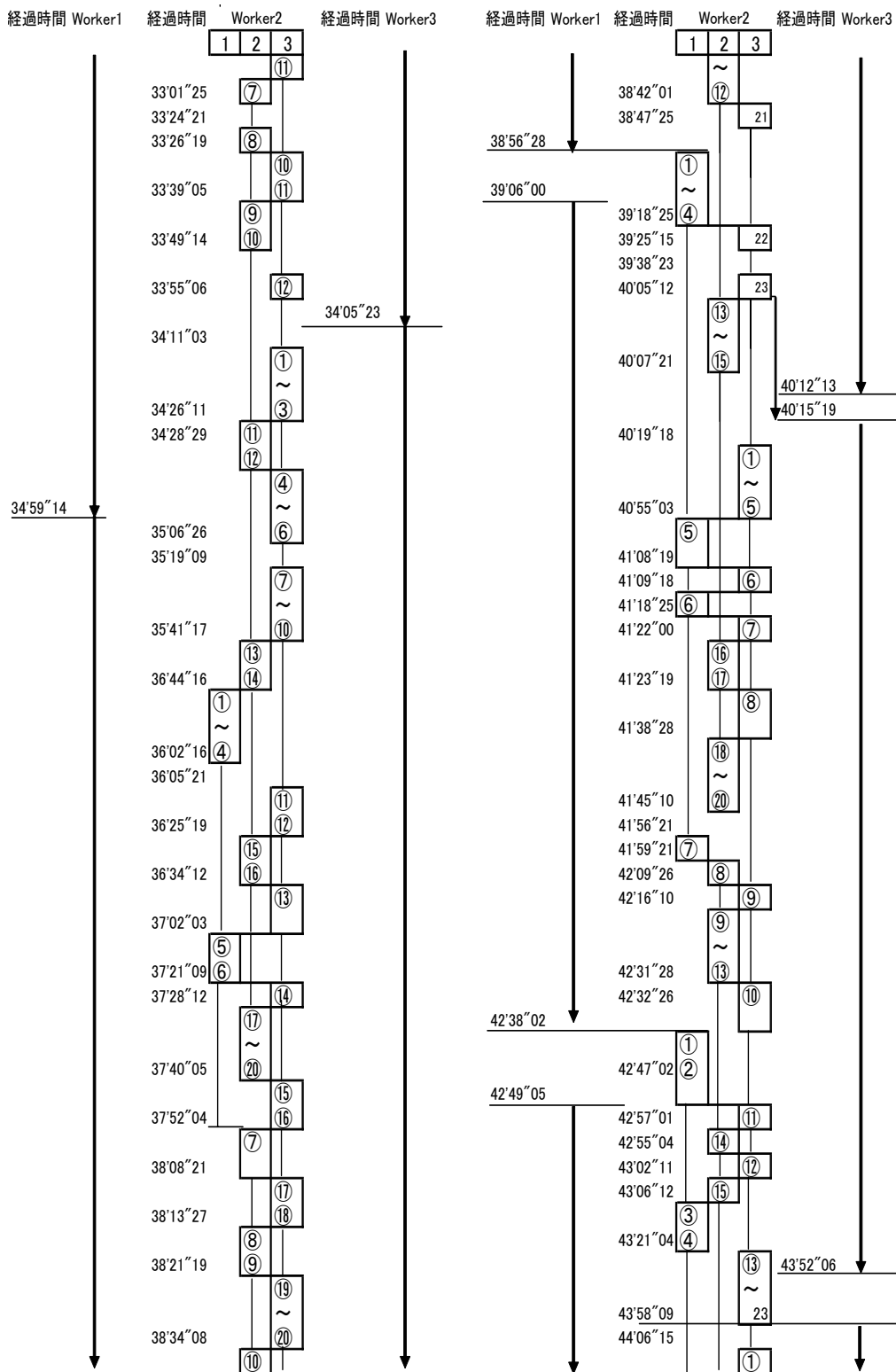
セル生産における作業柔軟性に関する考察

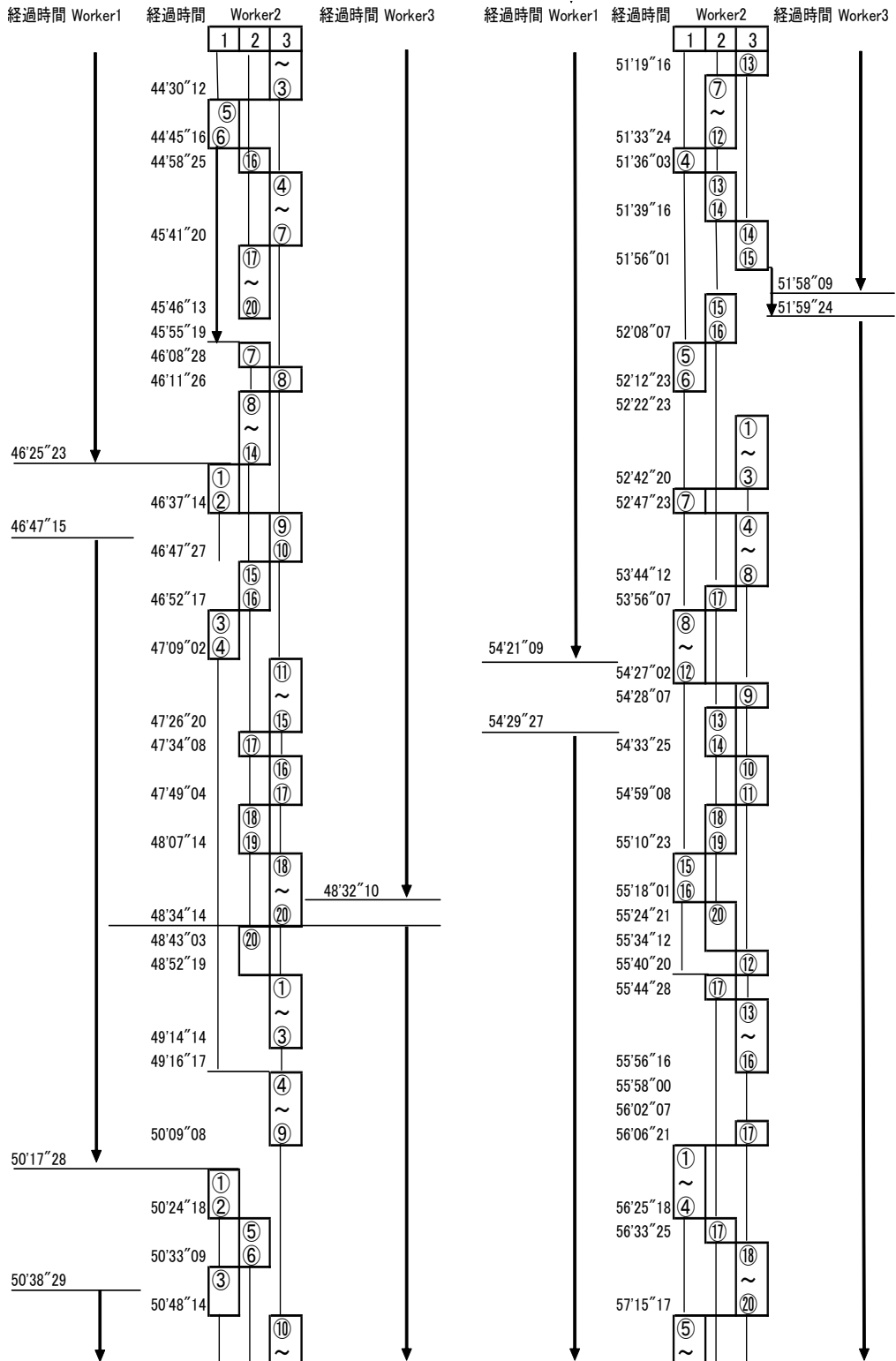
補足資料



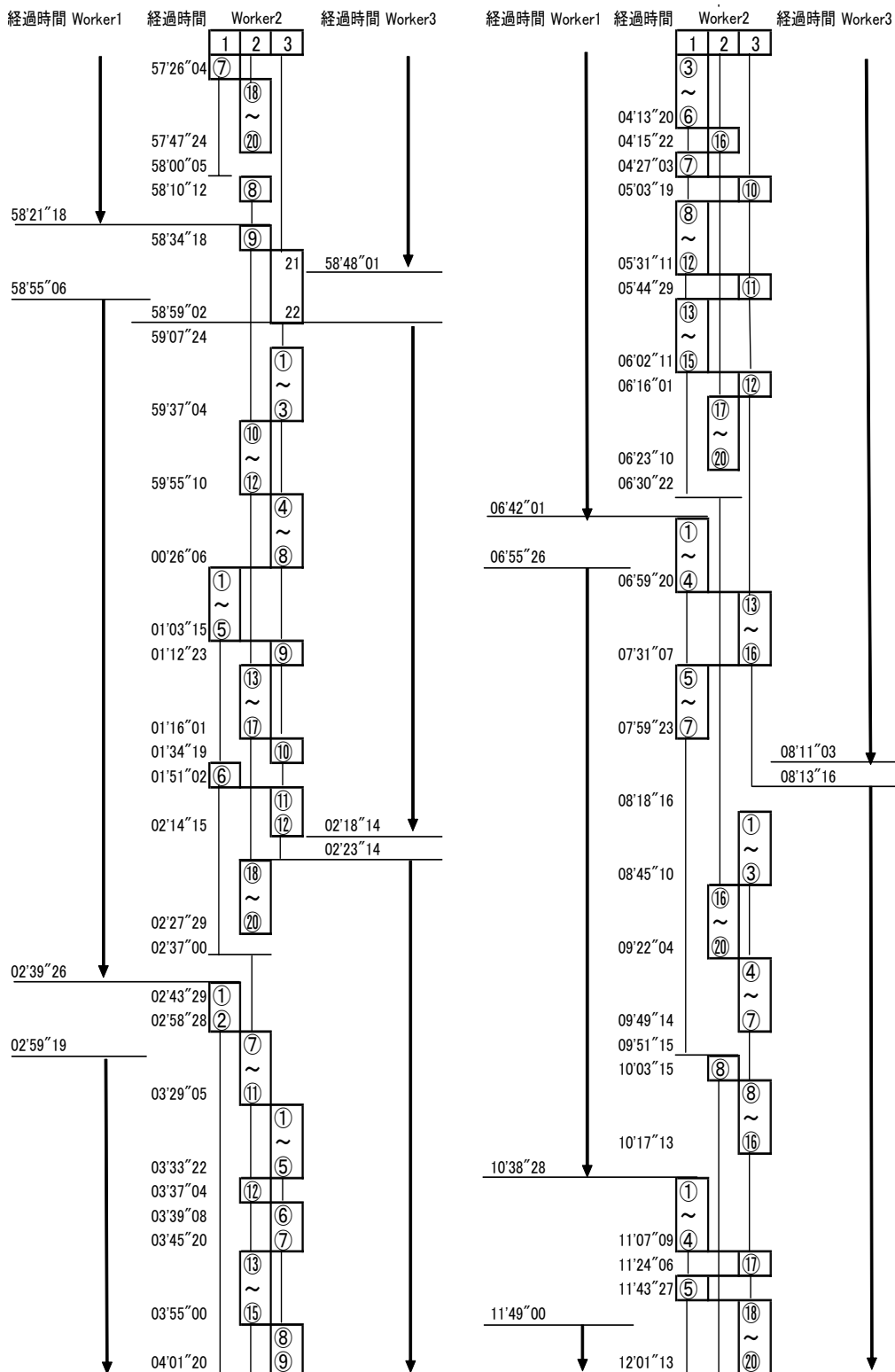


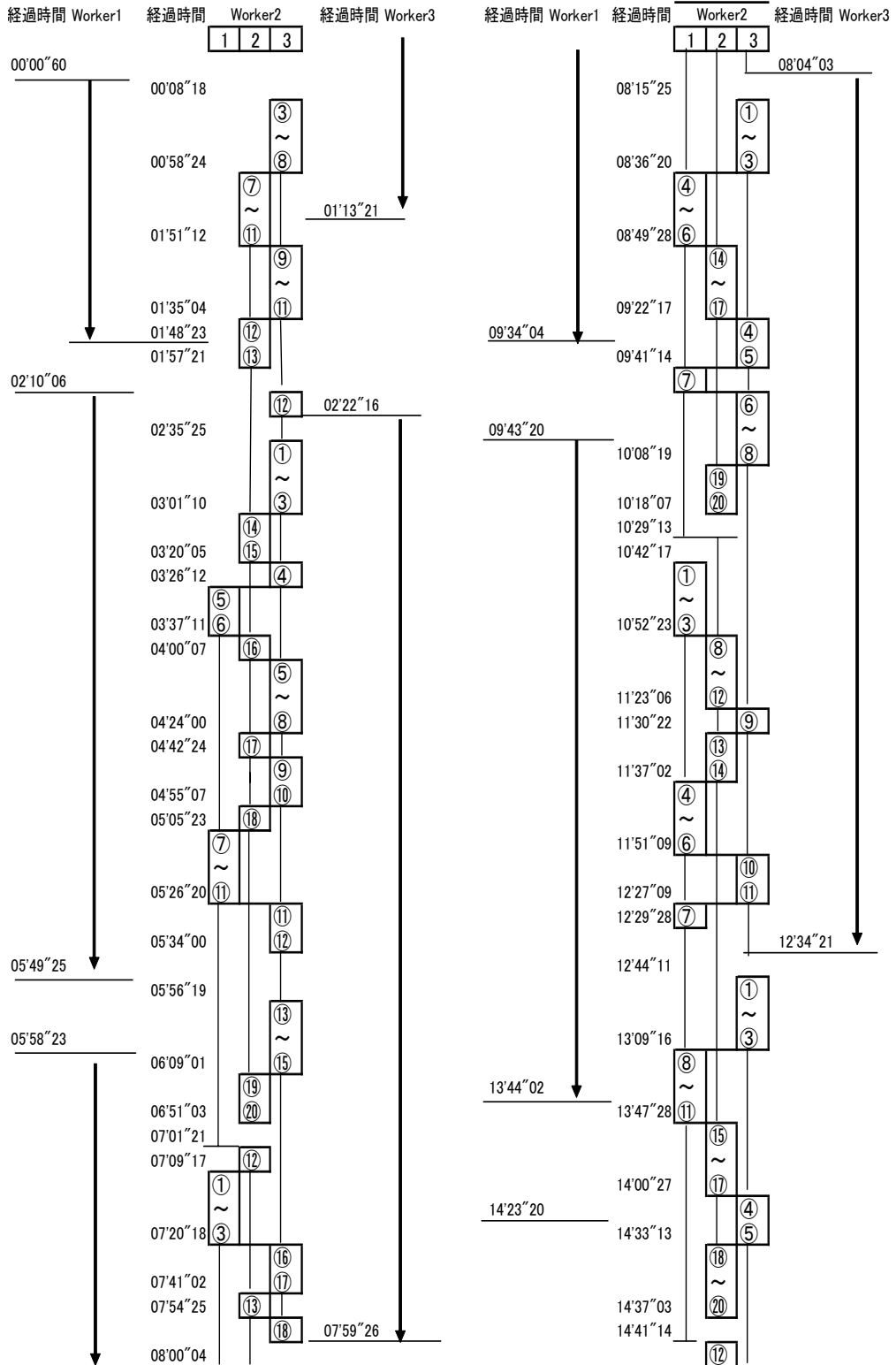
セル生産における作業柔軟性に関する考察



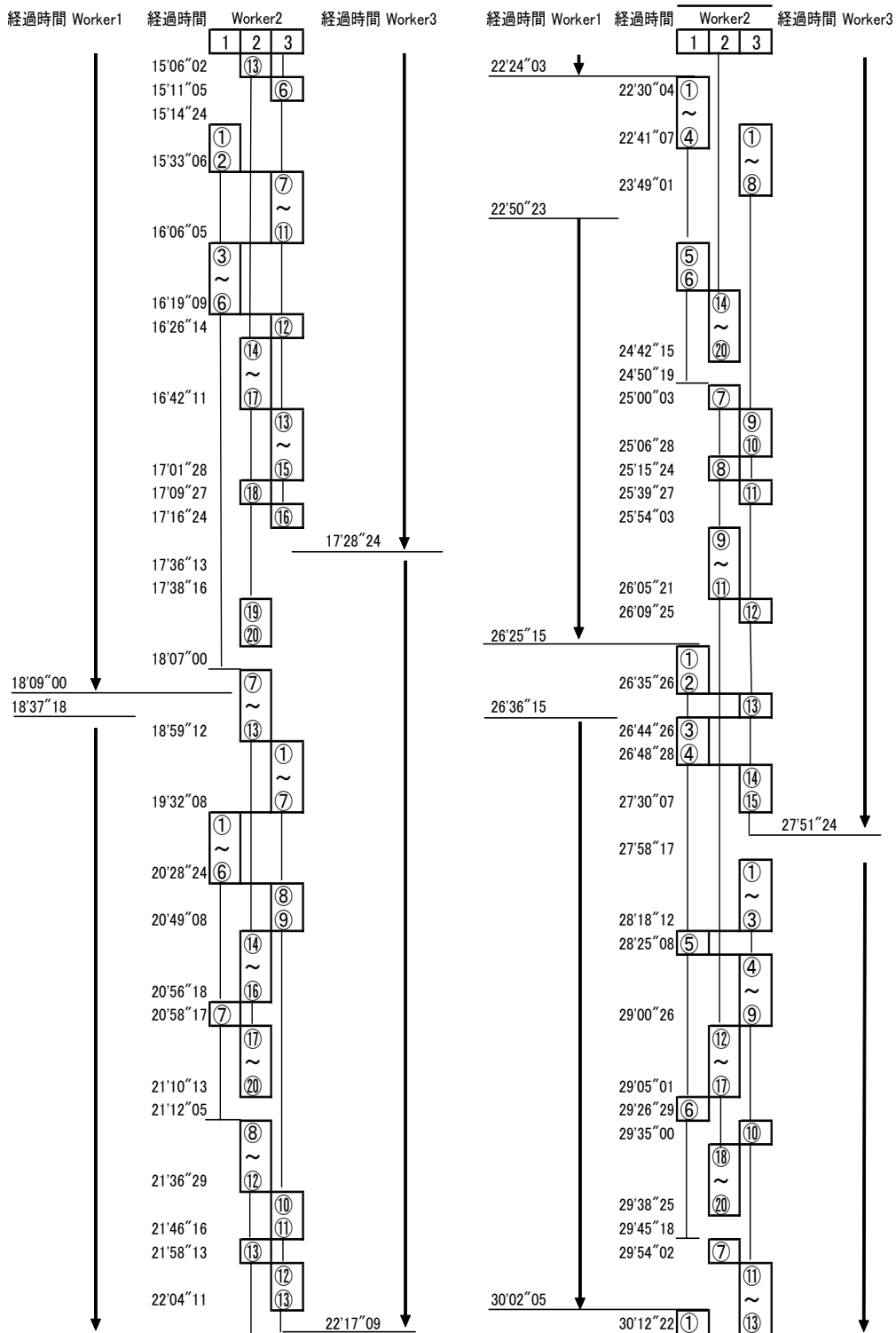


セル生産における作業柔軟性に関する考察





セル生産における作業柔軟性に関する考察



(収集データの抜粋)

注

- 1) 藤本隆宏 (2001 a) は生産性を、「インプット (生産要素の投入) とアウトプット (経済的に有用な産出) の比率」と定義している。生産性を高めることでコスト競争力が増す。企業の競争力をアップさせるには、生産性向上が必要になる (高橋伸夫, 2005)。
- 2) フォード生産方式および大量生産についての歴史に関しては、David A. Hounshell (1998) が詳しい。T 型フォードでの生産方法、考え方など詳細な記述がされている。
- 3) 藤本隆宏 (2000, 2001a) では、「表層のパフォーマンス」とは、特定の製品に関して、消費者が直接観察・評価できる指標のことで、具体的には価格、納期、知覚された製品内容などである。これに対して、顧客は直接観察できないが、表層のパフォーマンスを背後で支え、かつ企業の組織能力と直接的に結びついている指標のことを「深層のパフォーマンス」と呼ぶ。生産性、生産リードタイム (生産期間)、開発リードタイム、適合品質 (不良率)、などがこれにあたる。
- 4) この時代の製品は、一つ一つの精度が非常に悪く、組立てる製品ごとに熟練作業員による手直しが必要とされていた。そのため、同じ部品であっても、組み付ける相手部品が異なれば、またその相手部品にあわせるように、熟練作業員による手直しが必要になっていた。
- 5) ここで用いる生産性は、単純に各作業員による 1 単位当たりの生産数のことであり、生産性が上昇するということは、生産数が増加するというのである。
- 6) 3 章において、本論文における柔軟性を特に、作業の柔軟性と、工程の柔軟性に焦点を当てることにした。そのため、頻繁なモデルチェンジを可能にし、その際停滞を起ささないことが、作業の柔軟性ならびに工程の柔軟性によって可能になると考えられるため、頻繁なモデルチェンジを可能にする生産システム=柔軟性を持った生産システム、と理解する。
- 7) 手待ち時間は、パソコンの起動やシステム検査などの省略できない必要不可欠な作業であり、その間

Worker はそれらが終わるまで待機することを強制される。

参考文献

- 川上満幸 (1980) 「二つの異なる組立てシステムの実験的比較・検討」『日本経営工学会誌』 Vol. 31, No.2, 181-187頁。
- 後藤康浩 (2005) 『勝つ工場』日本経済新聞社。
- 坂爪裕 (2006) 「セル生産方式と分業の新展開：導入企業8社の事例研究」『日本経営学会誌』第16号, 95-110頁。
- 酒巻久 (2006) 『キャノン方式のセル生産で意識が変わる会社が変わる』日本能率協会マネジメントセンター。
- 信夫千佳子 (1998) 「セル生産システムの構想について」『関西大学商学論集』第43巻, 第5号, 73-94頁。
- 信夫千佳子, 森健一 (2003) 「セル生産システムの設計フレームワーク」『日本経営工学会論文誌』 Vol.53, No.6, 491-495頁。
- 鈴木良始 (2003) 「セル生産方式の普及と市場条件」『同志社商学』第54巻, 第4号, 52-72頁。
- 高橋伸夫編 (2005) 『ものづくり経営講義』日経 BP 社。
- 坪根斉 (2000) 「製造戦略としての柔軟性設計のためのフレームワーク」『日本経営工学会論文誌』 Vol.51, No.5, 505-517頁。
- 坪根斉, 松浦春樹 (1995) 「生産システムの柔軟性について」『日本経営工学会誌』 Vol.46, No.1, 1-12頁。
- 日経 BP 社 (1995) 「コンベヤ撤去の衝撃走る：一人完結の「セル生産」」『日経メカニカル』 20-39 頁。
- 日経 BP 社 (2004) 「このままでは危ういセル生産」『日経ものづくり』 38-61頁。
- 日経 BP 社 (2005) 「独創する日本の工場」『日経ものづくり』 48-85頁。
- 日経 BP 社 (2005) 「トヨタ生産方式；停滞からの脱却」『日経ものづくり』 50-73頁。

セル生産における作業柔軟性に関する考察

- 日経 BP 社 (2006) 「常識を超えろ；セル生産導入で作業者の意欲が上がる」『日経ものづくり』72-75頁。
- 藤本隆宏 (2000) 「20世紀の日本型生産システム」『一橋ビジネスレビュー』2000, WIN 66-81頁。
- 藤本隆宏 (2001a) 『生産マネジメント入門Ⅰ』日本経済新聞社 2001/6/23。
- 藤本隆宏 (2001b) 『生産マネジメント入門Ⅱ』日本経済新聞社 2001/6/23。
- Fariborz D. (1996), "Organizational complexity and innovation: Developing and testing multiple contingency models," *Management Science*, May, Vol.42, Iss.5 pp.693-716.
- Hamel G., Prahalad C.K. (1989), "Strategic Intent," *Harvard Business Review*, May-June, pp.63-76.
- Hounshell D.A. (1984), *Firm the American System to Mass Production, 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States*, Johns Hopkins University Press. (和田一夫他訳 (1998) 『アメリカン・システムから大量生産へ』名古屋大学出版会刊)。
- Katsuhide Isa and Tsuyoshi Tsuru (2002), "Cell Production and Workplace Innovation in Japan: Toward a New Model for Japanese Manufacturing?" *Industrial Relations*, Vol.41, pp.548-578.
- Mintzberg H. (1994), "The Fall and Rise of Strategic Planning," *Harvard Business Review*, January-February, pp.107-114.
- Mintzberg H., Ahlstrad B., Lampel J. (1998), *Strategy Safari: A Guided Tour Through the Wilds of Strategic Management*, Free Press. (齋藤嘉則監訳 (2006) 『戦略サファリ』東洋経済新報社)。
- Song X.M., Montoya-Weiss M.M., Schmidt J.B. (1997), "Antecedents and Consequences of Cross-Functional Cooperation: A Comparison of R&D, Manufacturing, and Marketing Perspectives," *Journal of Product Innovation Management*, 14 (1), pp.35-47.

(名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程)