

上海西川密封件有限公司（中華人民共和国） 研修報告書

AGV の運用方法の改善

工学研究科 機械物理工学専攻 石田 祐太郎

1. はじめに

近年、日本企業は安価な労働力の獲得や市場の拡大を目的として、海外への進出を行っている。中国は、人口規模の大きさや 2000 年代初期の急激な経済成長により、日本企業の進出先としてはトップの件数を誇っている。今回研修させていただいた上海西川密封件有限公司 (SNS: Shanghai Nishikawa Sealing system CO., LTD) は、その中国で十分な成功を収めている。さらに、部長、課長クラスの多くが中国人の方であり、本研修のテーマである AGV の導入にも見られるように、既に人件費を削減する方向で動いているなど、現地化もかなり進んでいる印象を受けた。

私は、このような技術移転に成功したと言える企業で研修させていただくことで、技術移転を成功させるために必要な要素が何なのか、また自身が将来的に海外で勤務する場合にどのような素質が求められるのかを学ぶ事を目的として、本研修に臨んだ。

2. 研修先の概要

会社名：上海西川密封件有限公司
(Shanghai Nishikawa Sealing system CO. LTD)
所在地：上海市松江区
設立年：2001 年
本社：西川ゴム工業株式会社
製造品：ウェザーストリップ、グラスランなど、
自動車用ゴム製品
取引先：日産・ホンダなど現地合弁企業や現地メーカー



図 1 SNS 外観

3. 研修スケジュール

実施内容	日程																											
	8月			9月																								
	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
工場見学、テーマ設定	→											中間 報告 会														最終 報告 会	帰 国	
現状把握			→																									
問題分析								→																				
対策の立案、検討	出 国										→						→											
実施準備																								→				
対策案実施、効果確認																									→			
中間報告会資料作成												→													→			
最終報告会資料作成																								→				

4. 研修の内容

4. 1 研修課題の決定

AGV とは、Automated Guided Vehicle の略で、製造業における運搬工程を自動化するための無人搬送車の事である。一般に、AGV によって運搬に割く人手や時間を削減することができるため、生産効率の上昇が期待できる。SNS では、工場内の合理化を目的として 2016 年度に AGV を導入した。しかし、運用方法を適当に設定して導入したために様々な問題が生じていた。そこで、今回の研修では、AGV の運用方法を改善することを目的として私にこのテーマが与えられた。



図 2 AGV

4. 2 SNS における AGV システム

SNS における AGV の運用方法を図 3 に示す。AGV は、倉庫と 2 つの工程間で運搬を行う。これらの工程では、コンベアによって製品の仕上げが行われており、ウェザーストリップの完成品が生産される。この完成品は、それぞれの工程で車種別に約 10 種あり、車種に応じて異なる箱に詰められる。AGV は、この箱を運搬する役割を担っており、工程に空箱を供給し、完成品の箱を倉庫へ運搬する。運搬の際、箱は図 4 に示すような台車に載せられて運搬される。また、箱の保管や移動も、この台車を用いて行われる。

AGV が 1 週する時間は平均 12 分で、停止時間は各工程で 2 分、倉庫で 3 分である。稼働台数は 2 台である。

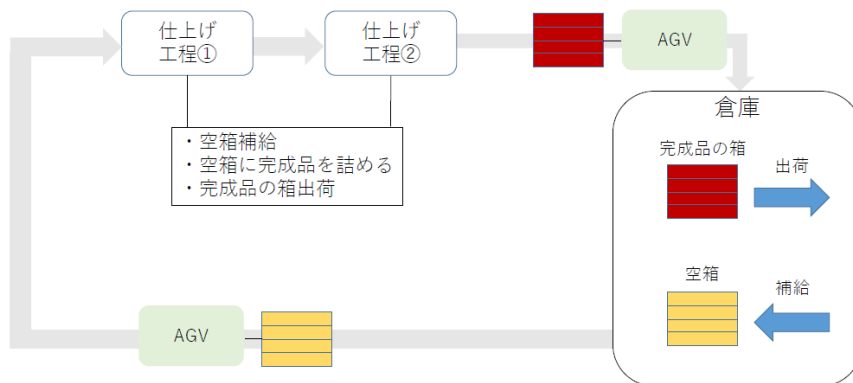


図 3 SNS における AGV システム



図 4 台車

4. 3 現状把握

SNS で AGV が導入されて以降、工程での空箱の不足や空運搬率の高さなど、多くの問題点が指摘されていた。そこで、これらの問題点の確認と定量的な評価のために、各工程での AGV の運搬時刻と、運搬量を測定した。その結果、特に重要な問題点として以下に示す事柄が挙げられた。

① 工程での空箱の在庫過多

図 5 に工程での空箱在庫の様子を示す。これを見ると、多くの台車と多種類の箱が置かれていることがわかる。実際には、工程に必要な全ての種類の箱が置かれていた。実際に必要な箱の種類は、現在製作中の車種の箱と次に製作する車種の箱の 2 種類のみであるため、これらのほとんどは無駄である。これらの台車と箱の占有面積は、2 工程合わせて約 40 平方メートルもあった。この空間のせいで、台車を移動させる際に邪魔になったり、わざわざ遠い場所へ箱を取りに行かねばならなかったりと、作業効率の低下が起きていた。



図 5 工程での箱の様子(改善前)

② 工程での空箱の在庫不足

上記のような空箱の在庫過多の問題点がありながらも、必要な空箱が不足する事態も確認された。この場合、人がもう一つの工程に箱を取りにいていた。発生頻度は観測した 2 日中 1 回のみであったが、折角 AGV によって運搬工程を自動化しているのに、結局人が運んでいるのでは本末転倒である。

③ AGV の空運搬率の高さ

測定の結果、実に稼働時間中の 40% が何も運搬していない状態であった。この空運搬は当然電

力の無駄である。さらに、移動中の AGV は、通路をふさぎ他の人の移動の邪魔にもなってしまふ。

④ 運搬品の違い

AGV が運搬した箱や台車が、工程で受け取られず、そのまま倉庫へ戻っていくことがあった。

その他にも、AGV の停止時に台車と AGV の連結部がぶつかり大きな音を発生させる事や、通路の幅に対して AGV のセンサーが広すぎて、AGV が頻繁に止まってしまう事など、構造上の問題もあった。しかし、構造上の問題は一度変えると修正が難しく、また期間も 1 ヶ月弱と短いことから、今回の研修では上記の運行スケジュールに関連する問題に取り組むこととした。

4. 4 問題分析

上記の問題が生じる原因を、主に次の 2 つに分析した。

① 工程と倉庫の間で適切な情報共有がなされていないこと

これまで、工程から倉庫へ完成品の箱を送る際、台車 1 台あたりに載せる箱の数は製品のサイクルタイムや箱の高さを元に設定されており、倉庫は来た箱と同じ数、同じ種類の空箱を送ると決められていた。しかし、実際の現場では主に倉庫側でこれが守られておらず、倉庫側は適当なタイミングで適当な量(比較的多め)の空箱を工程に送っていた。そのため、問題点①のような問題が起こっていたと考えられる。また、箱の種類(車種)が切り替わった際、倉庫側がこれを知る術は工程から送られてくる箱しかなく、この箱を受け取って工程に空箱を送るまでの間、ロスタイムが生じる。そのため、問題点①のように在庫過多の問題がありながらも、問題点②のような工程での在庫不足が生じたのであろう。また、問題点④の運搬品間違いの問題も、上記の理由によるものであろう。

② AGV の運行スケジュールが適切でないこと

AGV の空運搬率は 40% とかなり高く、基本的には在庫過多であることから、供給能力が過剰であると推測される。そこで、AGV の運搬記録の合間に、車種ごとのサイクルタイム測定も行い、そのサイクルタイムより算出した工程の生産能力と、規定の運搬量で運んだ際の供給能力を比較した。結果を図 6 に示す。生産能力を 100% として換算している。ばらつきはあるが、基本的に供給能力が生産能力を 50% 程度上回っていることが分かる。

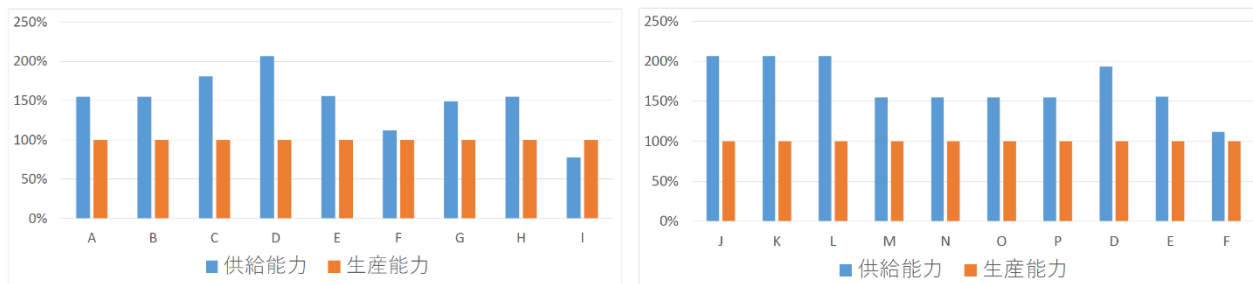


図 6 AGV の供給能力と工程の生産能力 左：工程 1 右：工程 2

4. 5 改善案

① 生産指示かんばんの作成

先に述べた二つの分析結果から、まずは工程と倉庫間の情報共有を行うため、生産指示かんばんの作成を行った。作成したかんばんのデザインを図 7 に示す。かんばんには車種、箱の種類、台車 1 台あたりの積載量、工程の場所が書かれており、車種毎に色分けされている。具体的な利用方法は次のようになる。

1. 工程側は、空箱または台車が安全在庫数(別途設定)を切ったら、次に回ってきた AGV にかんばんを載せる。

- 倉庫側は、AGV にかんばんがある場合のみ空箱または台車を送る。この際、かんばんは新たな台車に取り付けたままにする。
- 工程側はかんばんと空箱を受け取り、かんばんをポストにしまう。以下繰り返し。

かんばんは、図 8 に示すような台車に取り付けられたホルダーに入れて運ばれ、倉庫から工程に箱を送る際には、1 台の台車に 1 枚のかんばんを取り付けるとする。かんばんを用いて、工程側が供給の指示を送ることにより、倉庫と工程で情報共有が可能となる。

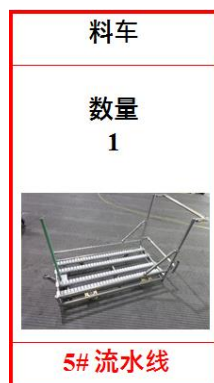


図 7 かんばんのデザイン

図 8 かんばんのホルダー

② AGV のリスケジューリング

空運搬率を削減するために、運搬する箱の量と AGV の運行時間のリスケジューリングを提案した。図 6 より、車種 F と I 以外は、基本的に供給能力が生産能力を大きく上回っている。そこで、これらについては 1 回に運搬する量を増やして、全体的に供給能力が生産能力を上回るようにする。その後、AGV の運行時間を遅らせることで、供給能力が生産能力を下回らないように、その差を小さくする(図 9)。この例では、AGV の周回時間を 12 分から 16 分としている。これによって、空運搬率の削減が期待できる。

しかし、図 6、図 9 の供給能力と生産能力を、時間に対して見た流動数曲線に変換すると、図 10 の実線のようにになる。実際は図 10 の点線のようにになるため、これを考慮しなければならない。これを再現するためのシミュレーションを Excel で作成した。ただし、このシミュレーションは、実際には 1 工程に複数の AGV を割り当てられるが、1 工程に 1 台の AGV を割り当てるとしているため、実際の結果よりは余裕を持った結果となっている。最終的には、このシミュレーションを用いて空箱の在庫が 0 未満とならないように、箱の運搬に関する諸量(台車への箱積載数、1 回のかんばん発行枚数、安全在庫数)を決定した。結果を表 1 に示す。

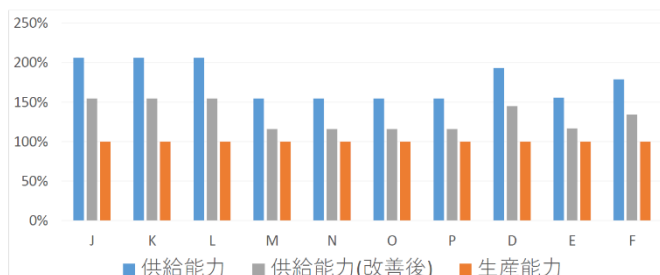
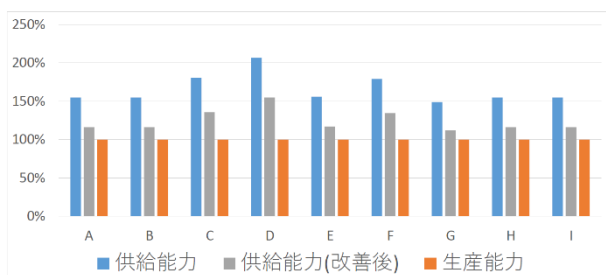


図 9 AGV の供給能力と工程の生産能力 左：工程 1 右：工程 2

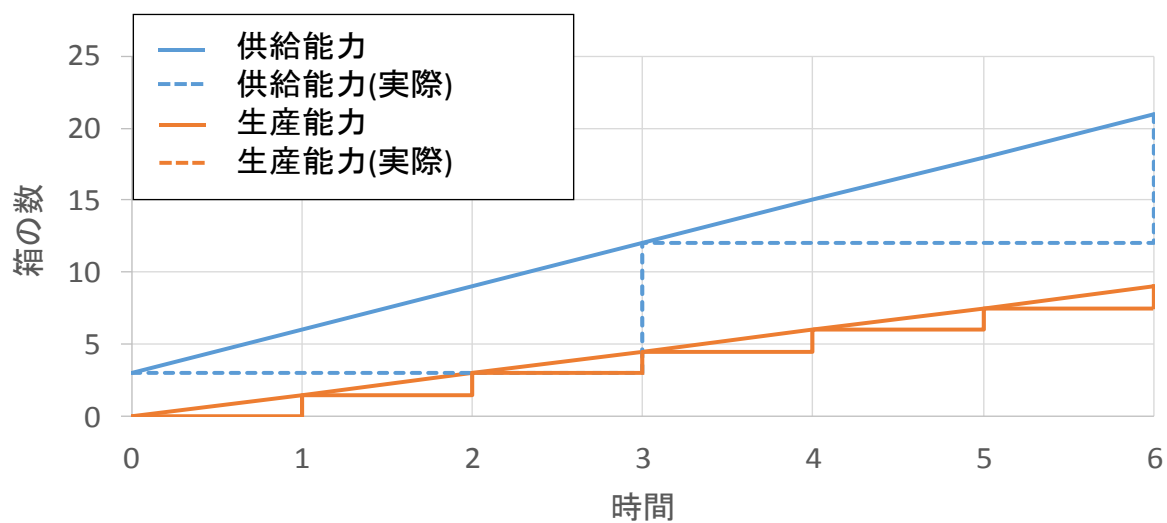


図 10 流動数曲線

表 1 かんばん利用時の運搬に関する諸量設定

	車種	箱の種類	台車への 箱積載数(箱/台)		1 回の かんばん 発行枚数	空箱の 安全在庫数	シミュレー ション時 最小空箱 在庫数
			変更前	変更後			
工程①	A	F	3	4	1	8	2
	B	F	3	4	1	8	2
	C	E	4	5	1	8	2
	D	H	4	4	1	5	2
	E	C	5	5	1	8	1
	F	C	5	5	2	8	2
	G	A	6	5	1	8	2
	H	A	6	5	1	8	2
	I	A	6	5	2	8	3
工程②	J	D	3	4	1	5	1
	K	B	4	4	1	8	2
	L	B	4	4	1	8	2
	M	B	4	4	1	8	1
	N	A	6	5	1	8	3
	O	E	4	5	1	8	0
	P	G	3	5	1	8	1
	D	H	4	4	1	5	2
	E	C	5	5	1	8	1

	F	C	5	5	2	8	2
--	---	---	---	---	---	---	---

4. 6 実施結果

かんぱんの準備に時間がかかり、実施は結局一日だけとなった。また、AGV の周回時間を変更することは、日程が間に合わず実行することが出来なかった。そのため、空運搬率を削減させることはできなかった。

図 11 に実施後の工程の様子を示す。置かれている箱の種類は 2 種類であり、かなり空間に余裕ができた。削減された空間は、2 工程合わせて 20 平方メートルであった。SNS では、今後レイアウト変更を計画しており、今回確保できた空間が利用できるのではないかと期待できる。また、問題点②の空箱の在庫不足や、問題点④の運搬品間違いは観測されなかった。

しかし、その一方で、工程側の作業者の負担が増え、結果を測定した一日はかなりしんどかったとの声も聞かれた。初日だったので不慣れだったというのも理由の一つだと思うが、今後の負担を軽減するためにかんぱんの取り付け位置の変更を提案した。図 12 に示すように、当初のかんぱんの取り付け位置は、台車の後ろ側についており、作業者からは確認しづらい。そこで、かんぱんの位置を台車の横に変更することで、確認作業が楽になり、負担も軽減されるのではないかと考えられる。



図 11 工程での箱の様子(改善後)

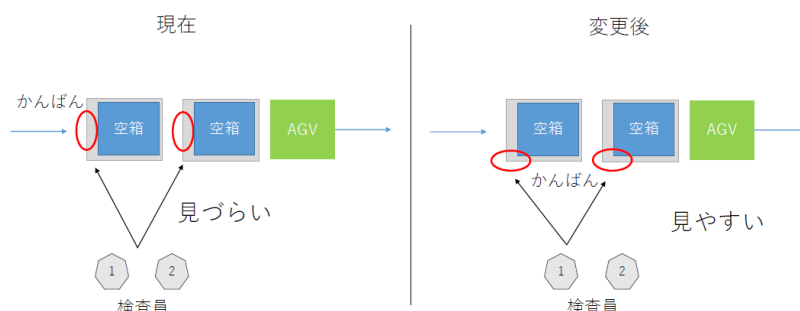


図 12 かんぱん取り付け位置

5. まとめ

SNS の方々は、中国語の話せない私の言葉でも理解しようとしてくださり、非常に嬉しかった。これは、SNS の日本人の方々が中国人の方々と築き上げてきた信頼関係の賜物であると思う。特に、佐々木総経理を中心として、業務後は頻繁に飲み会を開いており、こうした積極的なコミュニケーションをとることが、言葉の壁を乗り越えて技術移転を成功させるために最も重要な要素だと感じた。

それでもやはり言語を十分に理解することの重要性を実感させられることもあった。例えば、工場の方の意見を聞く際、事前にネットの翻訳サイトで質問を翻訳し、筆談を行おうとしたが、工場の方には意味が伝わらず、結局通訳の方を通してもらうことがしばしばあった。SNS の中国人の方は、幹部クラスの半数近くがある程度日本語を理解しており、こうした互いの言語の十分な理解が、SNS の技術移転の成功の大きな要因の一つだと思う。

一方、個人的に反省すべき点もあった。後半 8 日間ほど、運搬工程を増やした場合や、AGV の台数を変更した場合に、運行スケジュールを最適化するためのプログラムを開発しようとしていた。しかし、AGV の運行計画決定には、経路、台数、運搬量、干渉時間などの多くの要素が絡んでおり、最適化には莫大な組み合わせの中から、分枝限定法や、ビーム探索法などを用いて、半ば妥協的な解を見つけなければならない。これらの知識は、とても一朝一夕に習得できるものではなく、結局、プログラムを完成させることもできなかった。この間は、あまり相談もせず一人で作業をしていたことが多かった。期間内に出来ないと判断して、作業者の負担を軽減するため

の案をさらに検討するなど、計画性のある行動をし、臨機応変に対応する力を養わねばならないと痛感した。

6. 謝辞

私は、これまでに海外に行った経験がなく不安も多かったのですが、SNS の皆様の手厚い歓迎を受け、無事に研修を終えることが出来ました。非常に貴重な経験で、多くのことを学ぶことが出来ました。今回、研修を受け入れてくださった佐々木総経理をはじめとする SNS の皆様に深く感謝致します。

研修中は、技術部の島田課長、田淵課長、生産管理部の大陸部長、通訳の楊様をはじめ、多くの方にサポートしていただきました。厚く謝意を申し上げます。また、生活面でも新澤部長、小田部長、兼本課長、三浦課長ら日本人の方々に終始お世話になり、不自由なくすごすことができました。心よりお礼申し上げます。

最後に、鈴木先生をはじめとする ECB0 プログラムの実行委員の方々に感謝の意を表し、謝辞とさせていただきます。
