

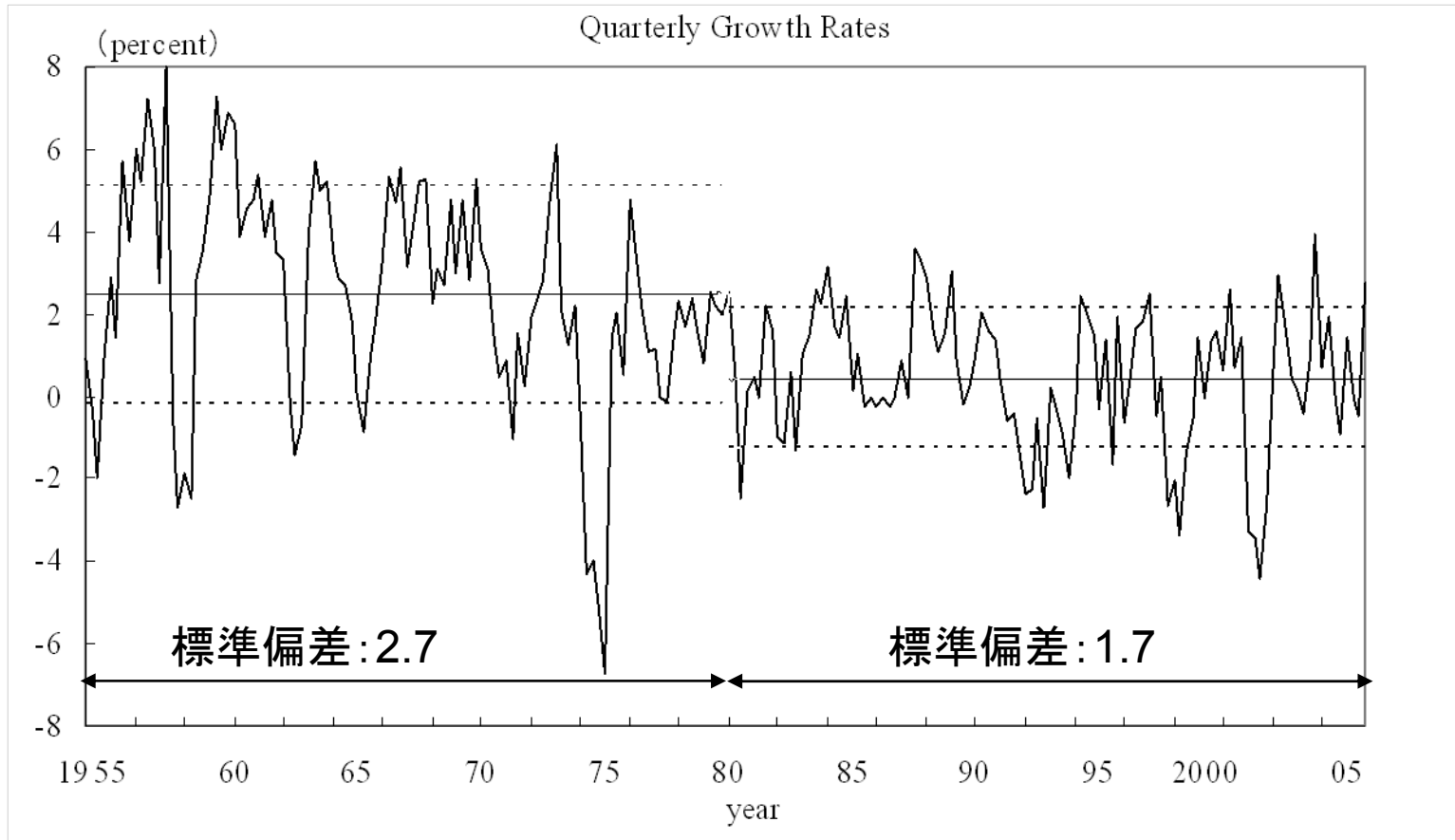
Stabilized Business Cycles with Increased Output Volatility at High Frequencies

2008年12月

木村 武・塩谷 匡介

FACT 1 : 生産変動の分散低下

図1 : 鉱工業生産指数の推移(四半期データ、前期比)



- 長い目で見た”Great Moderation”は日本でも確認される。

FACT 1 : 生産変動の分散低下

図2 : 鉱工業生産指数の成長率の標準偏差(四半期データ、前期比)

	1954:1~1979:4 (A)	1980:1~2005:4 (B)	$\frac{(B)-(A)}{(A)}$
Industrial production	2.7	1.7	-39.0%
Final demand goods	2.8	1.7	-41.0%
Consumer goods	2.8	1.4	-51.6%
Capital goods	3.8	2.4	-37.3%
Producer goods	3.0	2.0	-34.4%
Basic materials	3.2	1.4	-58.1%
Processing	3.9	2.4	-38.7%

FACT 2: 生産と出荷の分散比低下

$$\widehat{y}_t = \widehat{s}_t + \Delta \widehat{i}_t$$

表2: 生産の分散低下の寄与分解

	1954:1~1979:4 (Quarterly)	1980:1~2005:4 (Quarterly)	Percentage of $\Delta Var[\widehat{y}_t]$
$Var[\widehat{y}_t]$	7.55	2.85	100.0%
$Var[\widehat{s}_t]$	5.86	2.79	65.3%
$Var[\Delta \widehat{i}_t]$	1.50	0.32	25.1%
$2 Cov[\widehat{s}_t, \Delta \widehat{i}_t]$	0.20	-0.26	9.8%

- 在庫投資の分散が低下し、出荷と在庫投資の相関がマイナスになったことが原因。

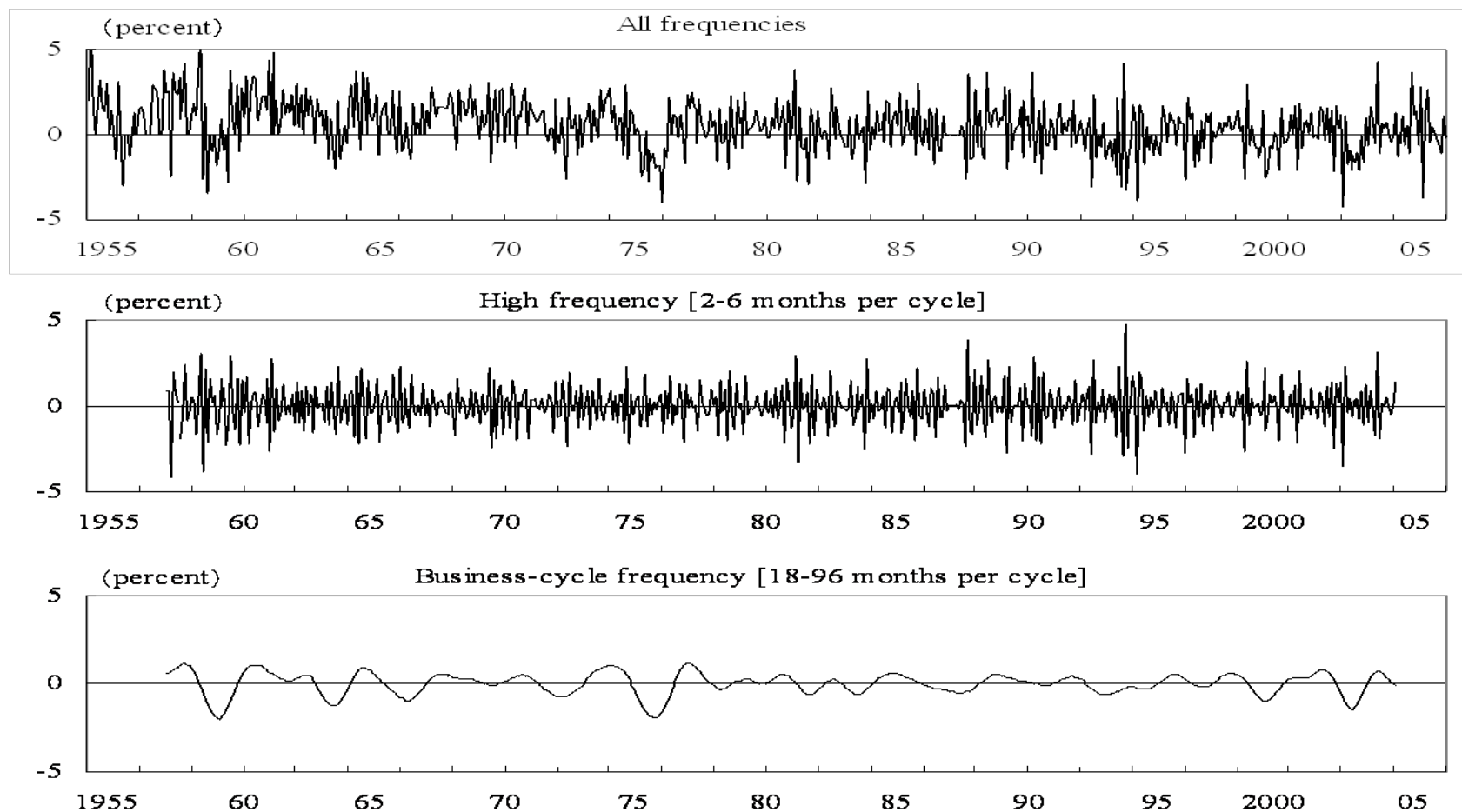
FACT 2: 生産と出荷の分散比低下

表3: 生産と出荷の分散比

	1954:1～1979:4 (Quarterly)	1980:1～2005:4 (Quarterly)	91:1～2005:4
Industrial production	1.29	1.02	0.97
Final demand goods	1.45	0.96	0.88
Consumer goods	1.79	0.96	0.83
Capital goods	1.28	1.17	1.13
Producer goods	1.16	1.11	1.09
Basic materials	1.26	0.95	0.95
Processing	1.30	0.89	0.85

FACT 3: 生産のビジネスサイクルの 分散低下と、短期周期の分散上昇

図2: IIPの月次変化率



FACT 3: 生産のビジネスサイクルの分散低下と、短期周期の分散上昇

表4: 生産と出荷の分散比

		1954:1~1979:12 (Monthly)	1980:1~2005:12 (Monthly)	Difference
All frequencies	$\text{Var}[\hat{y}_t]$	2.23	2.00	-0.23
	$\text{Var}[\hat{s}_t]$	3.07	2.25	-0.82
	$\text{Var}[\hat{y}_t]/\text{Var}[\hat{s}_t]$	0.73	0.89	+0.16
High frequency	$\text{Var}[\hat{y}_t]$	1.32	1.64	+0.32
	$\text{Var}[\hat{s}_t]$	2.46	1.96	-0.50
	$\text{Var}[\hat{y}_t]/\text{Var}[\hat{s}_t]$	0.54	0.83	+0.29
Business-cycle frequency	$\text{Var}[\hat{y}_t]$	0.53	0.21	-0.32
	$\text{Var}[\hat{s}_t]$	0.37	0.17	-0.20
	$\text{Var}[\hat{y}_t]/\text{Var}[\hat{s}_t]$	1.43	1.21	-0.22

FACTを説明するための仮説

- ① 需要プロセスの変化
- ② コストショックの低下
- ③ 生産在庫管理技術の発達

① 需要プロセスの変化

- 需要の慣性が高いと、需要の盛り上がりが続くことが見込まれるため、将来の需要に備えて在庫を積み増す行動が発生。
- 一方、需要の慣性が低下すれば、将来の需要に備えて在庫を積み増す必要がなくなり、生産の分散は出荷の分散以上に低下、在庫投資と出荷の相関も負に。
- しかし、短期周期において、生産変動が大きくなる理由を説明できない。

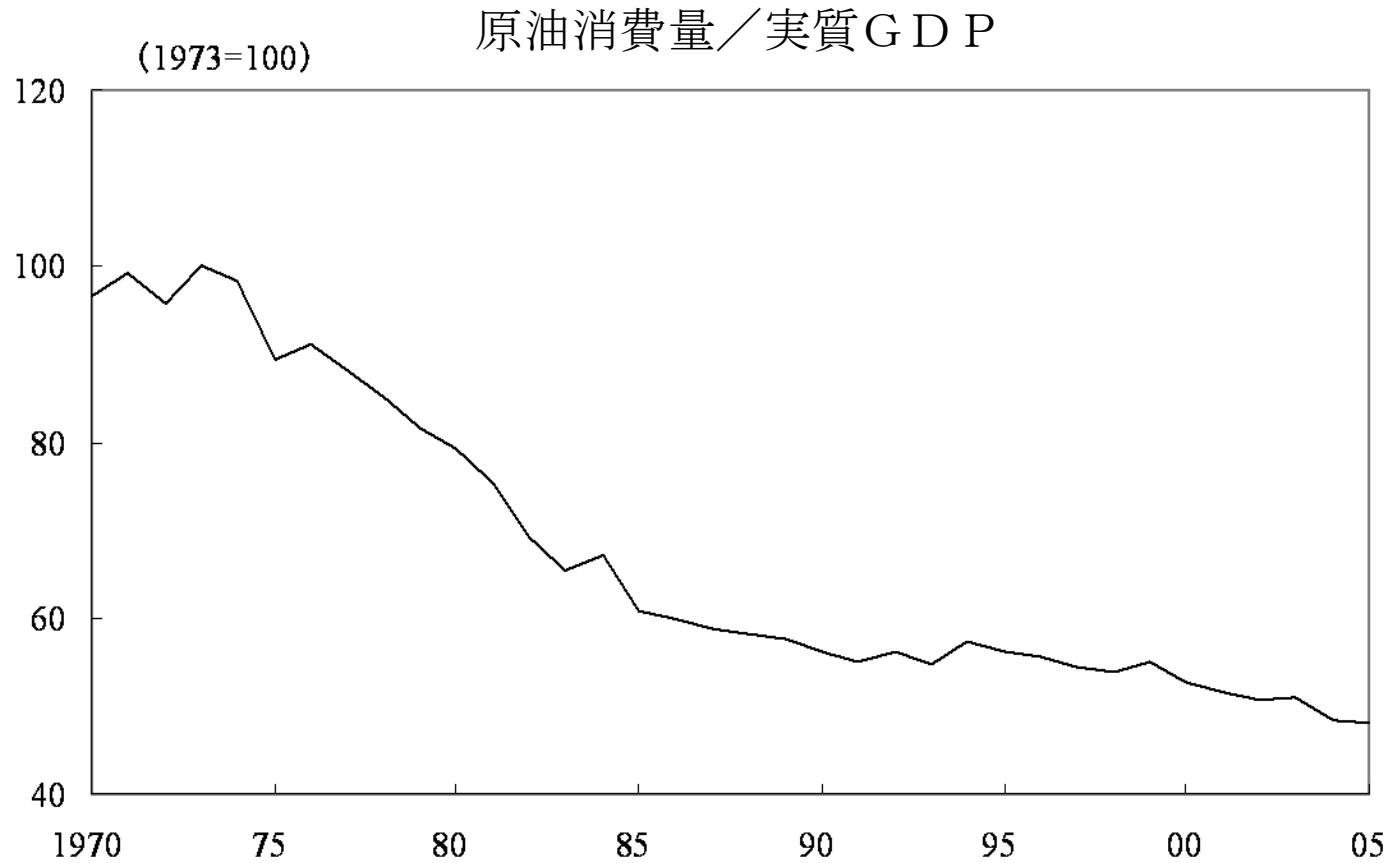
(FACT 1: ○、FACT 2: ○、FACT 3: ×)

②コストショックの低下

- 企業は、コストが低いときに大量に生産し、コストが高いときに生産を抑制。
- このため、コストショックが小さくなれば、生産の分散は、出荷の分散に比べて小さくなる。
- 例えば、原油原単位は、1970年代の半分に。

(FACT 1: O、FACT 2: O、FACT 3: ×)

原油原単位の低下



③生産在庫管理技術の発達

- JIT(Just In Time方式)やFMS(Feasible Management System)などの生産技術が、70年代後半から80年代前半に導入され、生産の調整速度が増したのではないか？
 - 企業が需要に対して、すばやく生産を調整できると同時に、将来の需要増に備えた在庫を持たなくても良くなるため、在庫循環が小さくなる。
- 短期周期での生産の分散が上昇する一方で、ビジネスサイクルでの生産の分散が低下する

(FACT 1:○、FACT 2:○、FACT 3:○)

モデル

- Linear Quadraticモデルを用いて、それぞれの仮説を検証していく。

$$\underset{\{Y_t\}}{\text{Min}} C_t = E_t \left\{ \lim_{J \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^J \beta^{t+j} \left[\underbrace{\frac{\gamma_1}{2} Y_{t+j}^2}_{\text{限界費用逡増}} + \underbrace{\frac{\gamma_2}{2} (Y_{t+j} - Y_{t+j-1})^2}_{\text{Production Smoothing}} + \underbrace{\frac{\alpha_1}{2} (I_{t+j-1} - \alpha_2 S_{t+j})^2}_{\text{在庫コスト}} + \underbrace{U_{t+j} Y_{t+j}}_{\text{コストショック}} \right] \right\},$$

- 在庫コスト: 在庫 I_t が適正な水準 ($\alpha_2 S_t$) より少ないと、品切れに伴う損失が発生する一方、多い場合でも、保管スペース、金利支払いなどのコストが発生。

生産在庫管理技術の発展

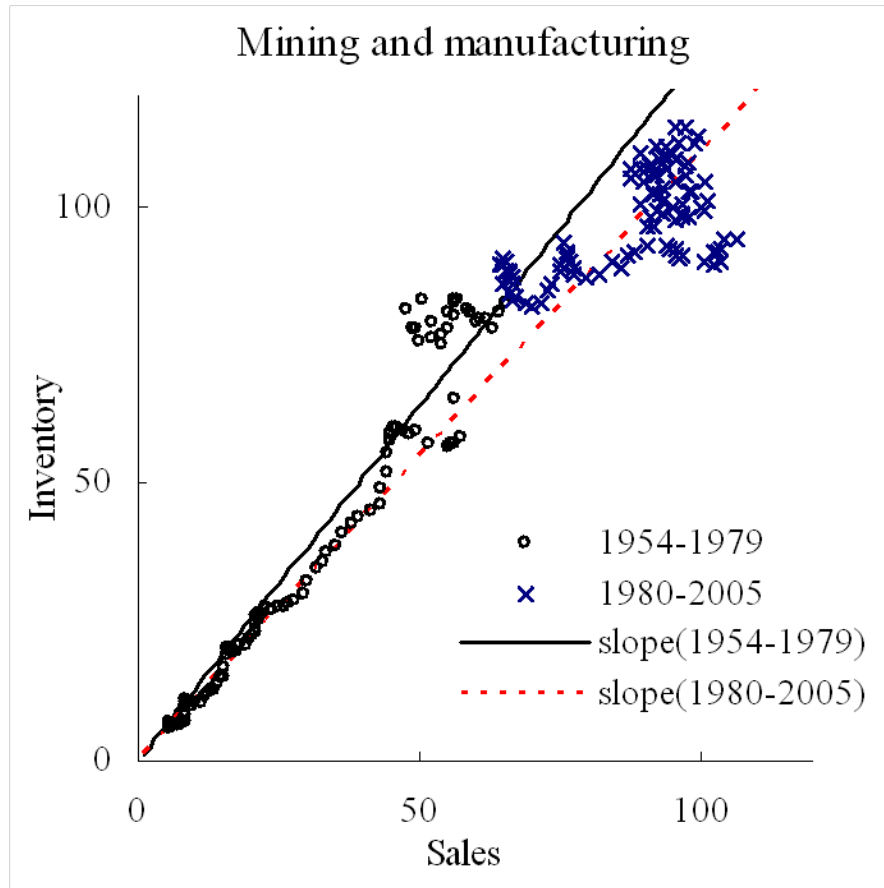
$$\alpha_1 (I_{t+j-1} - \alpha_2 S_{t+j})^2$$

- 短期の顧客需要に応じて生産を調整するJITを導入することで、需要の予測が早く、正確に出来るようになる。
 - 将来の品切れに備えた在庫を、抑えることが出来る (α_2 の低下 \Rightarrow 適正在庫水準 $\alpha_2 S_t$ の低下)。
 - その一方で、在庫が薄い分、適正な水準に保てるよう、管理を徹底する (在庫コスト意識 α_1 の上昇)。

$$\gamma_2 (Y_{t+j} - Y_{t+j-1})^2$$

- FMSにより、生産の調整速度が上昇 (γ_2 の低下)。

在庫率の低下



需要とコストショックのプロセス

- 需要のプロセス: AR(2)を仮定

$$S_t = \rho_1 S_{t-1} + \rho_2 S_{t-2} + \varepsilon_t^S$$

- コストショックのプロセス: AR(1)を仮定

$$U_t = \rho_1 U_{t-1} + \varepsilon_t^U$$

- ε_t^S と ε_t^U は、平均0、分散 σ_s^2 、 σ_u^2 のi.i.d.ショック

パラメータの設定

- データから推定できるパラメータは、データから設定し、残りのパラメータは、ファクトを説明できるように、設定する。

	1954-79	
	Data	Model
$\text{Var}(\Delta Y)/\text{Var}(\Delta S)$	0.73	0.72
High frequency	0.54	0.51
Business-cycle frequency	1.43	1.23
$\text{Correl}(\Delta S, \Delta^2 I)$	-0.54	-0.53
$\text{Var}(\Delta I)$	2.15	2.06
$\text{Var}(I)$ due to inventory shock	75.2	74.7

	1954-79 (Benchmark)
β	0.997
γ_1	1
γ_2	1.5
α_1	0.575
α_2	0.655
ρ_1	0.709
ρ_2	0.198
σ_s	1.576
τ_1	0.75
σ_u	5.5

需要プロセスの変化の影響

$$S_t = \rho_1 S_{t-1} + \rho_2 S_{t-2} + \varepsilon_t^S$$

$$\rho_1 : 0.709 \Rightarrow 0.526$$

$$\rho_2 : 0.198 \Rightarrow 0.325$$

$$\sigma_s^2 : 1.576 \Rightarrow 1.366$$

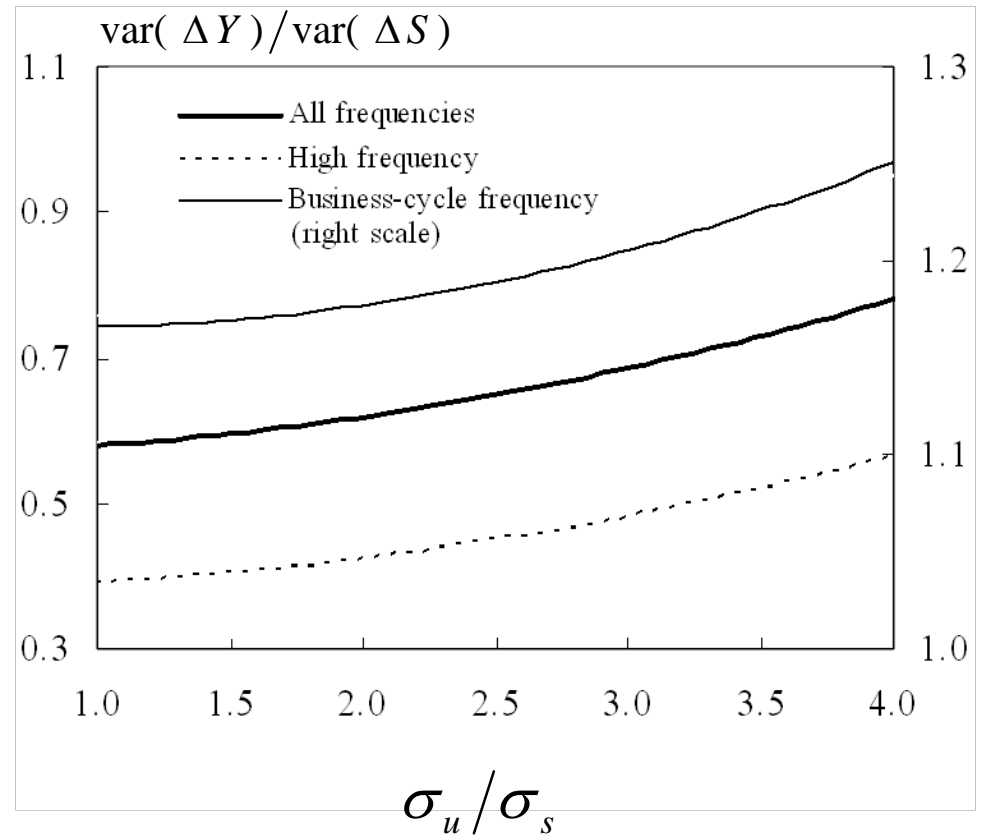
- その他のパラメータを固定し、需要プロセスのパラメータのみを80-05年のものに変更。
- 生産と出荷の分散比は、ビジネスサイクルでは変わらず、短期周期でのみ低下。
⇒ファクトと整合的でない

	Base	Sales process
Var(ΔY)/Var(ΔS)	0.72	0.55
High frequency Business-cycle frequency	0.51	0.37
Correl ($\Delta S, \Delta^2 I$)	-0.53	-0.67
Var(ΔI)	2.06	0.92
Var(I) due to inventory shock	74.7	88.7

コストショック低下の影響

$$U_t = \rho_1 U_{t-1} + \varepsilon_t^U$$

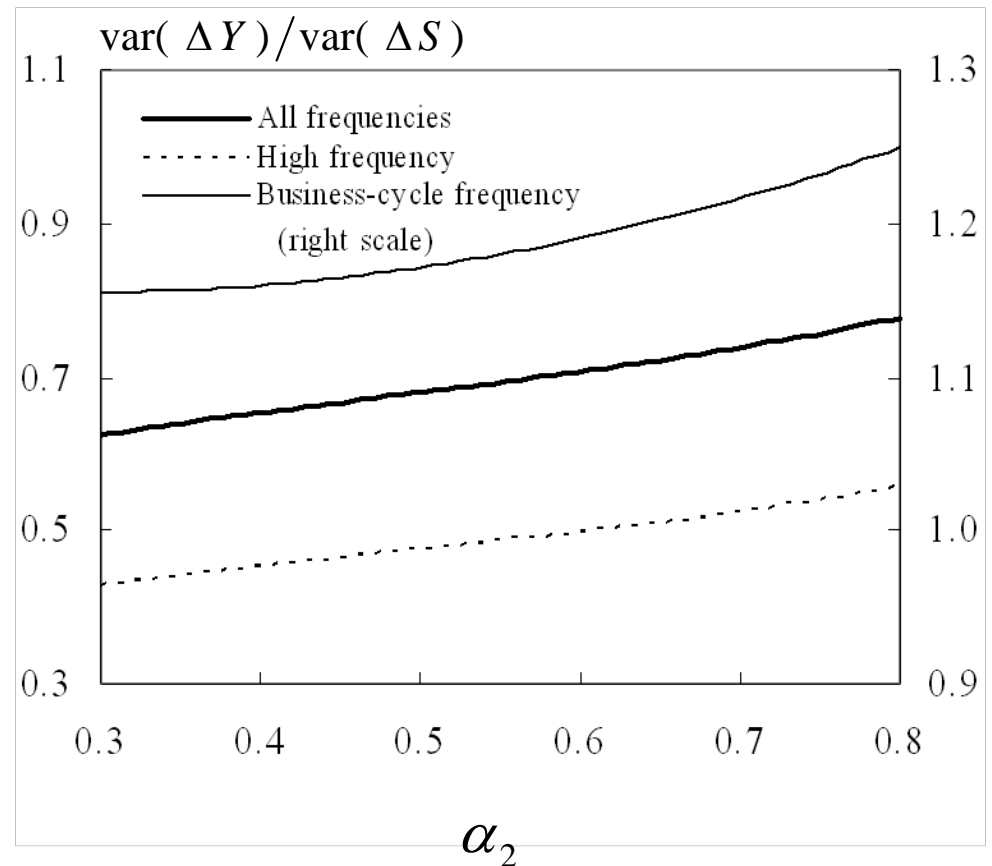
- 生産と出荷の分散比が、ビジネスサイクルと短期周期の双方で低下する。



適正在庫水準の低下

$$\text{Min}_{\{Y_t\}} C_t = E_t \left\{ \lim_{J \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^J \beta^{t+j} \left[\frac{\gamma_1}{2} Y_{t+j}^2 + \frac{\gamma_2}{2} (Y_{t+j} - Y_{t+j-1})^2 + \frac{\alpha_1}{2} (I_{t+j-1} - \alpha_2 S_{t+j})^2 + U_{t+j} Y_{t+j} \right] \right\}$$

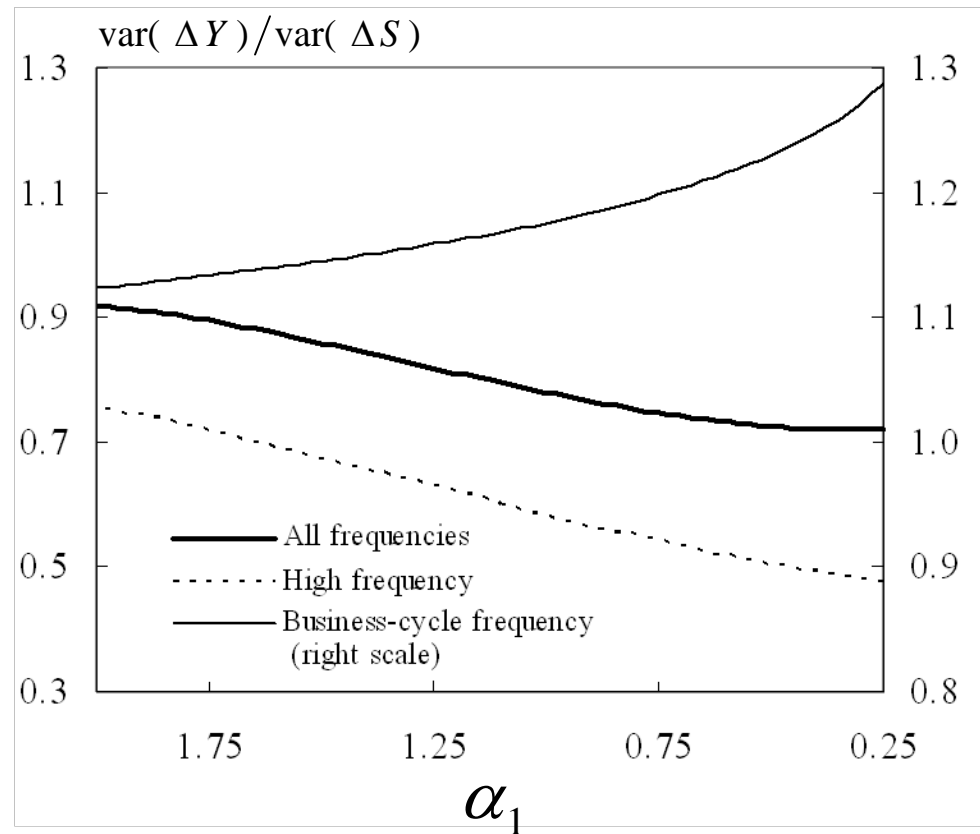
- 適正在庫水準の低下 (α_2 の低下) は、生産と出荷の分散比を低下させる。すなわち、Inventory acceleratorを弱める。



在庫コスト意識の高まり

$$\text{Min}_{\{Y_t\}} C_t = E_t \left\{ \lim_{J \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^J \beta^{t+j} \left[\frac{\gamma_1}{2} Y_{t+j}^2 + \frac{\gamma_2}{2} (Y_{t+j} - Y_{t+j-1})^2 + \frac{\alpha_1}{2} (I_{t+j-1} - \alpha_2 S_{t+j})^2 + U_{t+j} Y_{t+j} \right] \right\}$$

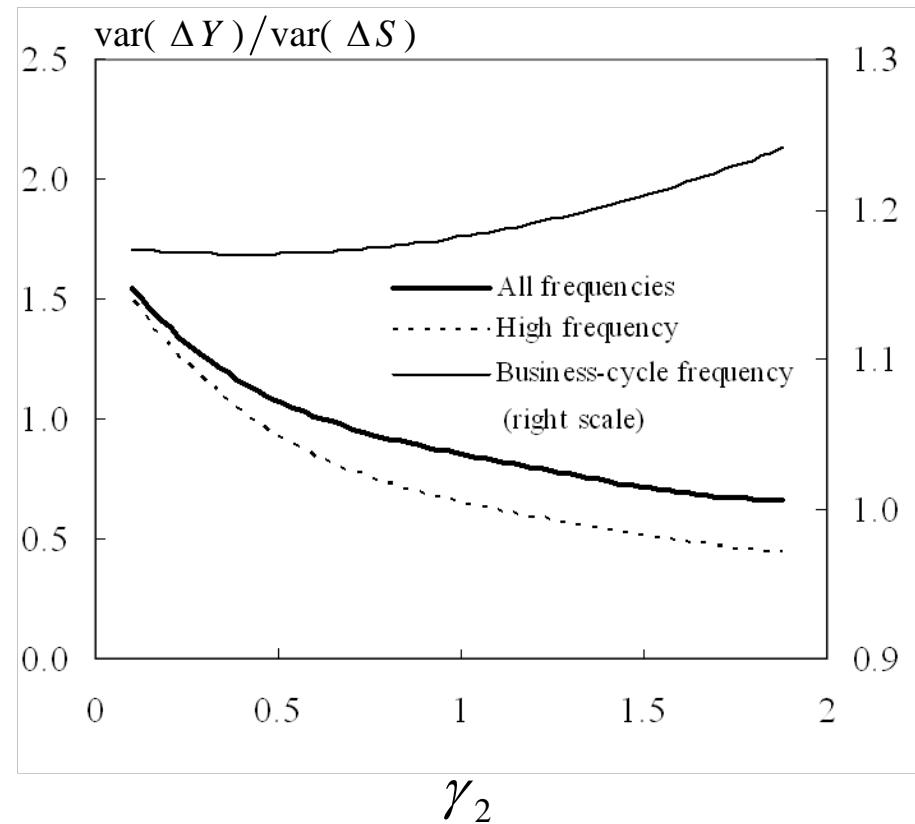
- コスト意識の高まり (α_1 の上昇) は、短期周期における生産と出荷の分散比を高める。
- 出荷に比例した最適な在庫水準を保とうとするため、生産の分散が短期的には大きくなる。
- 意図せざる在庫の調整を避けることが出来るため、景気循環が弱まる。



生産調整速度の上昇

$$\text{Min}_{\{Y_t\}} C_t = E_t \left\{ \lim_{J \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^J \beta^{t+j} \left[\frac{\gamma_1}{2} Y_{t+j}^2 + \frac{\gamma_2}{2} (Y_{t+j} - Y_{t+j-1})^2 + \frac{\alpha_1}{2} (I_{t+j-1} - \alpha_2 S_{t+j})^2 + U_{t+j} Y_{t+j} \right] \right\}$$

- 生産調整速度が上昇する (γ_2 の低下) ことで、需要にすばやく対応して短期周期では生産と出荷の分散比が高まる。
- その一方で、意図せざる在庫を調整するスピードも上昇するため、在庫循環が弱くなる (ビジネスサイクルでの生産と出荷の分散比が低下)。



全体の変化

	1954-79		各パラメータを変化させた効果					1980-05	
	Data	Model	需要プロセス	コストショック	α_1	α_2	γ_2	Data	Model
$Var(\Delta Y)/Var(\Delta S)$	0.73	0.72	0.55	0.61	0.89	0.67	1.41	0.87	0.89
短期周期	0.54	0.51	0.37	0.41	0.72	0.47	1.33	0.79	0.83
ビジネス サイクル	1.43	1.23	1.23	1.17	1.13	1.17	1.17	1.07	1.21
$Correl(\Delta S, \Delta^2 I)$	-0.54	-0.53	-0.67	-0.64	-0.34	-0.57	-0.08	-0.37	-0.41
$Var(\Delta I)$	2.15	2.06	0.92	1.04	0.87	4.95	2.69	0.74	0.69
$Var(I)$ の在庫ショック で説明される割合	75.2	74.7	88.7	36.2	23.4	86.3	75.2	36.2	37.8

結論と今後の課題

- 日本の鉱工業生産指数では、ビジネスサイクルにおいて生産の分散が小さくなる一方で、短期周期では生産の分散が大きくなっている。
- 需要プロセスの変化やコストショックの低下は、これらのファクトと矛盾するものではないが、生産在庫管理技術の発展を考慮することで、はじめてファクトを説明できる。
- 課題：在庫パラメターの推定、国際比較 etc.