発注のばらつきは需要ではなく読み方から来て、記帳の約束だけで増幅が四割変わる

— 同じ需要・同じリードタイム・同じ窓でも、目標在庫を何期分と数えるかの約束だけで、分散の増幅は **2.920000** と **2.120000** に分かれる（比 **1.377358**） — 分離子は、増幅が需要から来るか、需要の読み方から来るか — [論文736]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

供給網の上流ほど注文が激しく揺れる。揺れているのは需要ではない。増幅が方針から来ることを数え、さらにその方針の中の記帳の約束が増幅を四割変えることを示す。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、需要は揺れていない——平均 100・標準偏差 10 の独立な乱数で、自己相関も季節性も無い（第2節）。 第二に、それでも発注は増幅する——一段あたりの分散の増幅は実測 2.918477 倍である（第2節）。 第三に、段を重ねると積み上がる——四段で分散 172.215749 倍、標準偏差で 13.123100 倍になる（第2節）。 第四に、これが本稿の芯である。閉じた式が二つある——目標在庫を $L+1$ 期分と数える約束では 2.920000、L 期分と数える約束では 2.120000 になる（第3節）。 第五に、実測はどちらかを選ぶ——使った約束の式と差 1.523×10^{-3} で一致し、もう一方とは 1.377358 倍ずれる（第3節）。 第六に、分離子は、増幅が需要から来るか、需要の読み方から来るかである——読み方から来るので、読み方の細部まで揃えないと数が比べられない（第4節）。 キーワード：ブルウィップ効果、発注の分散、移動平均、リードタイム、記帳の約束、需要か読み方か。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——発注の分散が上流ほど大きくなること、移動平均と補充方針がその一因であること、リードタイムと窓の長さで増幅が決まることは、いずれも標準的である（フォレスター 1961、チェン 2000）。需要を単純に置く——独立な正規乱数とし、季節性、自己相関、欠品、数量割引、価格の変動は扱わない。対策を設計しない——情報共有や需要の見える化は扱わない。読み方を一つに限る——移動平均だけを扱い、指数平滑は扱わない。実在の供給網を主張しない——個別の企業や業種の値は扱わない。⚠️ どちらの約束が正しいかを主張しない——目標在庫を L 期分と数えるか $L+1$ 期分と数えるかは、どちらも定義である。本稿が言うのは、比べるときに揃えなければならないということだけである。既刊との関係：論文549 は、滞在時間が 5.8 倍変わっても掛け算の関係は動かないことを示した——そこでは量の間の関係が方針に依らないことが主題だった。ここでは同じ在庫の系で、発注の分散が方針に強く依ることを示す。方針に依らない関係と、方針が決める量になる。加えたのは、増幅をシミュレーションで測ったこと、四段での積み上がりを **172.215749** 倍と出したこと、閉じた式が二つあることを示したこと、実測がどちらと一致するかを 10^{-3} の精度で確かめたこと、分離子を「需要か、読み方か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：各段は直近 N 期の移動平均から目標在庫を作り、その差を需要に足して上へ発注する。目標在庫を何期分にするかが、記帳の約束である。

$$\bar{d}_t = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} d_{t-i}, \qquad S_t = c\,\bar{d}_t, \qquad o_t = d_t + (S_t - S_{t-1})$$

c は目標在庫が何期分かで、L か $L+1$ が使われる。$N=5$、$L=2$、需要は平均 100・標準偏差 10 の独立な乱数（400000 期）とする。

問い：上流の注文が揺れるのは、需要が揺れているからなのか。

2. 需要は揺れていないのに、発注は増幅する

計算 2.1：同じ方針を四段重ねて、各段の発注の分散を測った。

段	発注の分散	前段に対する比
需要	**100.135772**	—
第 **1** 段	**292.243905**	**2.918477**
第 **2** 段	**1037.933142**	**3.551599**
第 **3** 段	**4110.264104**	**3.960047**
第 **4** 段	**17244.956942**	**4.195584**

> **観察 2.2**
>
> 需要には自己相関も季節性も無い。独立な乱数を入れているのに、発注の分散は一段で **2.918477** 倍になる——増幅は需要の性質ではなく、需要をどう読むかから出ている。

> **観察 2.3**
>
> 段を重ねると積み上がる。四段で分散 **172.215749** 倍、標準偏差で **13.123100** 倍になる——各段の比が上へ行くほど大きくなるのは、入ってくる系列が独立でなくなるからである。

3. 閉じた式が、二つある

計算 **3.1**：発注は $o_t = d_t + c(d_t - d_{t-N})/N$ になるので、増幅は $(1 + c/N)^2 + (c/N)^2$ と書ける。二つの約束で出した。

目標在庫	c/N	一段あたりの増幅
$L+1 = 3$ 期分	**0.6**	**2.920000**
$L = 2$ 期分	**0.4**	**2.120000**

観察 3.2

これが本稿の芯である。同じ需要・同じリードタイム・同じ窓でも、二つの値に分かれる。比は 1.377358 である——分かれているのは記帳の約束だけで、現実の何も変えていない。

観察 3.3

実測は、使った約束のほうと一致する。実測 2.918477 は $L+1$ の式の 2.920000 と差 1.523×10^{-3} で一致し、L の式の 2.120000 とは一致しない——シミュレーションが、どちらの約束を使ったかを言い当てている。

観察 3.4

L の側の式は、よく引かれる形と同じである。$1+2L/N+2L^2/N^2$ を展開すると $(1+L/N)^2+(L/N)^2$ で、差は 10^{-15} に収まる——だから「増幅は 2.120000 倍」という引用は、目標を L 期分と数える約束の下での値である。

計算 3.5：読み方（移動平均の窓）を変えたときの増幅を出した。

窓	一段あたり	四段で
2 期	5.000000	625.000000
5 期	2.120000	20.199631
10 期	1.480000	4.797852
20 期	1.220000	2.215335

観察 3.6

窓を広げれば増幅は減る。窓 2 期で一段 5.000000 倍、窓 20 期で 1.220000 倍である——ただし窓を広げると需要の変化に追いつくのが遅くなるので、これは交換であって解決ではない。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、増幅が需要から来るか、需要の読み方から来るかである。読み方から来るので、読み方の細部まで揃えないと数が比べられない——「うちの増幅は何倍だ」という言い方は、方針と約束を添えなければ意味を持たない。

> **観察 4.2**
>
> 論文549 と並べる。549 は、滞在時間が 5.8 倍変わっても掛け算の関係は動かないことを示した——そこでは量の間の関係が方針に依らなかった。ここでは発注の分散が方針に強く依り、しかも約束の細部にまで依る。方針に依らない関係と、方針が決める量である。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。季節性も欠品も対策も実在の供給網も扱わず、どちらの約束が正しいかも主張しない——示したのは、増幅の出所と、その数が約束に依ることである。

5. 点呼と結び

1. 需要の分散 **100.135772**（計算 2.1）：独立な乱数。
2. 第 1 段で **292.243905**（計算 2.1）：**2.918477** 倍。
3. 第 4 段で **17244.956942**（計算 2.1）：積み上がる。
4. 四段で **172.215749** 倍（観察 2.3）：分散で。
5. 標準偏差で **13.123100** 倍（観察 2.3）：同じことを。
6. $L+1$ の式は **2.920000**（計算 3.1）：本稿の芯。
7. L の式は **2.120000**（計算 3.1）：よく引かれる形。
8. 比は **1.377358**（観察 3.2）：約束だけの差。
9. 実測との差 $\mathbf{1.523} \times 10^{\mathbf{-3}}$（観察 3.3）：どちらかを言い当てる。
10. 需要か、読み方か（観察 4.1）：分離子・論文549。

結び：発注のばらつきは需要ではなく読み方から来る。しかもどこまで在庫を持つと数えるかという記帳の約束だけで、増幅が四割変わる。平均 100・標準偏差 10 の独立な需要に、直近 5 期の移動平均とリードタイム 2 期の補充方針をかけると、一段あたりの分散の増幅は実測 2.918477 倍、四段で 172.215749 倍（標準偏差で 13.123100 倍）になる——需要には自己相関も季節性も無いので、増幅は需要をどう読むかから出ている。そして閉じた式が二つある——目標在庫を $L+1=3$ 期分と数える約束では 2.920000、$L=2$ 期分と数える約束では 2.120000 で、比は 1.377358 である——分かれているのは記帳の約束だけで、現実の何も変えていない。実測は使った約束のほうと差 1.523×10^{-3} で一致し、もう一方とは一致しない——シミュレーションが、どちらの約束を使ったかを言い当てている。L の側は $1+2L/N+2L^2/N^2$ という引かれやすい形と 10^{-15} 以内で同じなので、「増幅は 2.120000 倍」という引用はその約束の下での値である。窓を広げれば増幅は減り、窓 2 期で 5.000000 倍、20 期で 1.220000 倍になる——ただし需要の変化に追いつくのが遅くなるので、これは交換であって解決ではない。分離子は、増幅が需要から来るか、需要の読み方から来るかである。既刊との位置——論文549 では量の間の関係が方針に依らなかった。ここでは発注の分散が方針に、しかも約束の細部にまで依る。正直に言えば——季節性も欠品も対策も扱わず、どちらの約束が正しいかも主張しない。

参考文献

1. Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain. *Management Science*.
2. Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.
3. 山岸勇輝 (2026).『滞在時間が 5.8 倍変わっても、掛け算の関係は動かない』[論文549]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014185

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)