

メガビタミン健康法における摂取量2

体内飽和度を最大化する摂取回数

渡邊 直樹

IMN Research Center*研究員
watanabe@imn-rc.org

工藤 八

IMN Research Center*研究所長
kudo@imn-rc.org

1 はじめに

ビタミンは エネルギー産生・DNA 修復・神経伝達物質合成・抗酸化応答など 3000 超の酵素系で補酵素/補因子として機能し、全身の恒常性維持に不可欠である [1]。1960 年代、Pauling は微量栄養素を“最適量”まで補う分子栄養学（オーソモレキュラー医学）を提唱し [2]、日本では三石巖がこれを〈メガビタミン健康法〉として紹介した [3]。Hoffer と Saul は臨床応用・自己実践法を一般向けに体系化し [4]、とりわけアスコルビン酸（ビタミン C）の大量摂取は Pauling 自身の著書で風邪短縮効果が強調され [5]、その後のメタ解析でも急性ストレス下の風邪の発症率低減が支持されている [6]。一方、NIH の Fact Sheet は RDA・安全域を、IOM 報告書は UL 設定のリスク評価モデルをそれぞれ提示し [7][8]、高用量摂取には上限管理が欠かせないことを示している。

前稿、メガビタミン健康法における摂取量 1 において、摂取量の参考となる下限、上限を規定する RDA と UL や生理的限界量、毒性限界について整理した [9]。

本稿において、体内濃度を最適化する摂取量や頻度について考察を行い、メガビタミン実践における摂取量設計の指針を示す。

2 ビタミンの接種回数を規定する要素とそのビタミン

2.1 摂取回数を規定する要素

ビタミンは経口摂取後おおむね 1. 小腸吸収層 → 2. 血漿プール層 → 3. 体内ストア層 の 3 段階を経る [10-12]。

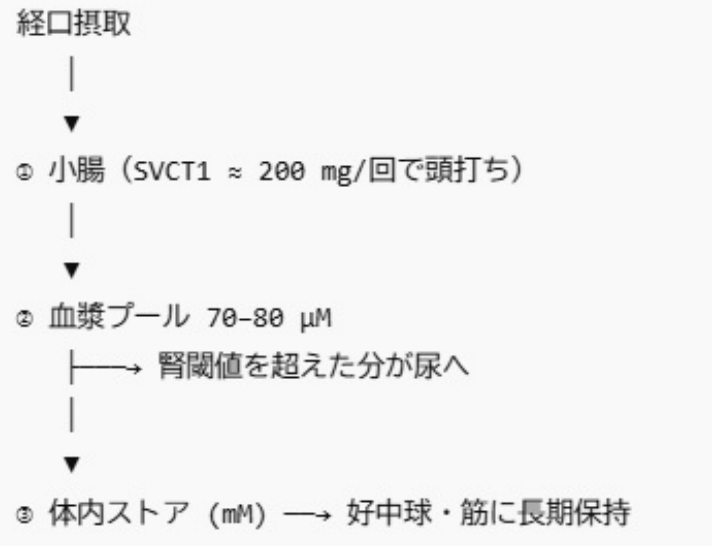


図 1: ビタミンの摂取回数を決める要素 (値はアスコルビン酸 (ビタミン C) の例)

表 1: 三層モデルにおける律速因子と摂取設計への影響

層	主律速因子	摂取設計に与える影響	代表出典
1 小腸吸収	輸送体飽和量/回	1 回量の上限を規定	[10]
2 血漿プール	血漿生物学的半減期 $t_{1/2}$	分割回数を押し上げる	[11]
3 体内ストア	ストア回転時間 τ	「何日おき」以下に抑える下限	[15]

1 小腸吸収層は「輸送体が飽和しない量」に 1 回量を抑えれば、吸収率はほぼ一定で 2 層の従属変数になる。毒性限界は、主に脂溶性ビタミンで 3 層のストア容量を超過して組織に過剰蓄積したときに生じると整理されている [11]。

2.2 各ビタミンの腎耐用量、小腸吸収飽和、血漿プール (半減期) 体内ストア

何時間で谷を割るかは、小腸耐用量ではなく血漿クリアランスとストア寿命で決まる為、 $t_{1/2}$ と τ の 2 軸だけで頻度を設定可能である [15][17][23]。また、この表に示す通り、1 日の摂取回数回数を決めうる律速因子は以下 4 択である

*IMN Research Center = Integrated Molecular Nutrition Research Center

表 2: 各ビタミンの摂取量を律速する要素

ビタミン	小腸飽和点 D_{sat}	血漿半減期 $t_{1/2}$	体内ストア寿命 τ	出典
A (レチノール)	— (脂溶性)	100 d	1200-2400 d	[12]
D (25-OHD)	—	15-30 d	660 d	[12]
E (α -トコフェロール)	—	44 h	53 d	[14]
K (フィロキノン)	—	2-7 h	8 d	[24]
B ₁ (チアミン)	2 mg/回	1-2 h	25 d	[15]
B ₂ (リボフラビン)	20 mg/回で吸収率低下	1.1 h	15 d	[16]
B ₃ (ナイアシン)	実質飽和なし (拡散)	0.3-0.8 h	≥ 30 d	[17]
B ₅ (パントテン酸)	50 mg/回	24-30 h	10 d	[18]
B ₆ (ピリドキシン)	50 mg/回で吸収率低下	15-33 d	770 d	[19]
B ₇ (ビオチン)	10 mg/回	2-15 h	>30 d	[20]
B ₉ (葉酸)	0.4 mg/回	1.5 h	15-25 d	[21]
B ₁₂ (コバラミン)	$\approx 2 \mu\text{g}$ /回	6 d / 肝 400 d	>800 d	[22]
C (アスコルビン酸)	200 mg/回	0.5 h	17 d	[23]

1. 血漿半減期が最短のアスコルビン酸 (ビタミン C)、
 2. 次点の B1 (半減期は短いがストア寿命 τ は C より長い)、
 3. およびストア寿命が最短クラスのナイアシン (ビタミン B3)
 4. 半減期が短いパントテン酸 (ビタミン B5)
- これら 4つをプロットした以下図において、1. 血漿半減期が最小である (最も左端に近い) ものはアスコルビン酸 (ビタミン C) である。

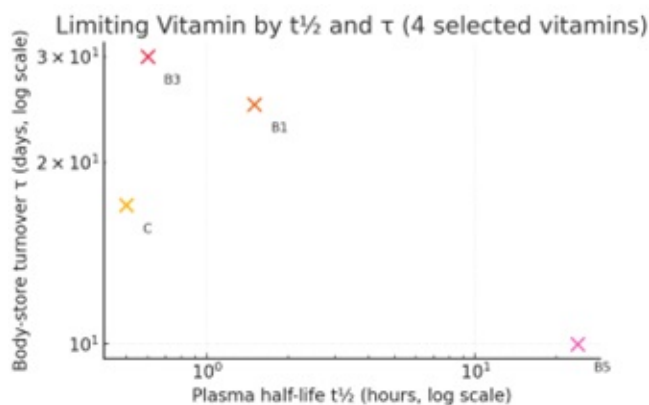


図 2: ビタミンの半減 $t_{1/2}$ とストア寿命 τ

3 アスコルビン酸 (ビタミン C) の体内濃度のターゲット

Levine M らの検証により、アスコルビン酸 (ビタミン C) の体内濃度閾値を以下と仮定する [23]

アスコルビン酸 (ビタミン C) の目標体内濃度: $70 \mu\text{M}$... 仮定 2
 $70 \mu\text{M}$ は図 3 にも示される通り、1 日の摂取量を 300-500mg 程度とすることで達成可能であるが、前回論文 1 に示した通り [9]、これは生理的限界中腎再吸収飽和を示しているものであり、1-2g の腸耐用量上限程度の摂取を否定するものではない。その他の実験では、摂取量を増やすことによりがんの効果があった論文などが示されている [27]。実践において効率を最大化する摂取量/回数をこの論文で規定するが、この量以上の摂取を否定

するものではない。

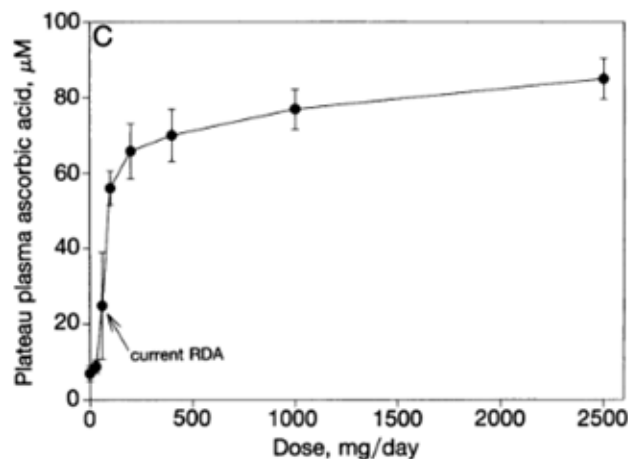


図 3: アスコルビン酸 (ビタミン C) の 1 日あたり摂取量と体内濃度

4 アスコルビン酸 (ビタミン C) のターゲットを満たす最適な摂取頻度と量

Levine M らの定義により、基準時間からの経過時間 j 分における、 $70 \mu\text{M}$ からの濃度の乖離 RMSE は、血漿濃度 C_j を用いて以下の様に記述できる。

$$\text{RMSE}(n, D_{\text{tot}}) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} [C_j - C_{\text{target}}]^2} \quad (1)$$

ここで $N = 1441$, C_j はタイムステップ j の血漿濃度である。

この RMSE を、 $C_{\text{target}} = 70 \mu\text{M}$ に対して最小化する投与回数を求める。また、仮定 2 及び図 3 により、1 日あたりのアスコルビン酸 (ビタミン C) の摂取量に対して以下仮定を置く

1 日あたりのアスコルビン酸 (ビタミン C) 摂取量: 300-500mg...

仮定 3

式の導出の前提を以下に記述する。

表 3: シミュレーションで用いた定数と記号

記号	意味	採用値
D_{tot}	1 日総投与量 (mg)	300 or 500
n	服薬回数 (1-8 回/H)	—
$d = D_{\text{tot}}/n$	1 回投与量 (mg)	—
t_i	投与時刻 (h)	$t_i = i \cdot \frac{24}{n}, i = 0, \dots, n-1$
K_m	小腸 SVCT1 飽和定数	200 mg
$t_{1/2}$	血漿高濃度域の半減期	0.5 h
k_c	消失速度定数	$k_c = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$
V_b	血液量	5 L
M_W	アスコルビン酸 (ビタミン C) 分子量	176.12 g mol ⁻¹
α	1 mg 吸収 → 血漿濃度上昇係数	$\alpha = \frac{1 \times 10^{-3}}{M_W} \frac{10^6}{V_b} = 1.135 \mu\text{M mg}^{-1}$
C_0	空腹時基礎濃度	60 μM
C_{target}	機能閾値	70 μM

吸収率

$$F(d) = \frac{d}{d + K_m} \quad (2)$$

投与直後の血漿濃度上昇

$$C(t_i^+) = C(t_i^-) + F(d) d \alpha \quad (3)$$

指数減衰

$$\frac{dC}{dt} = -k_e C \implies C(t + \Delta t) = C(t) e^{-k_e \Delta t} \quad (4)$$

1. 初期値 $C = C_0$ とする。
2. 24 h (=1440 min) を $\Delta t = 1$ min 刻みで反復。
 - その分刻み時刻が投与時刻 t_i と一致すれば式 (3) を適用。
 - 直後に式 (4) で次ステップへ更新。
3. 全 $N = 1441$ 点の系列 $\{C_0, \dots, C_{N-1}\}$ を取得する。

この式を、図3における腎耐用量（血漿飽和濃度）近辺である、アスコルビン酸（ビタミンC）摂取量 300 500mg/day(仮定3)について解くと、以下図3のグラフを得る（プログラムは補稿に記載）。この図が示す通り、70 μ M をターゲットとした場合、3-4 回程度摂取することが体内濃度を最適化すると導き出せる。これは、通常のヒトの食事様態が1日3回であることとも整合性が取りやすい状態であると推定できる。

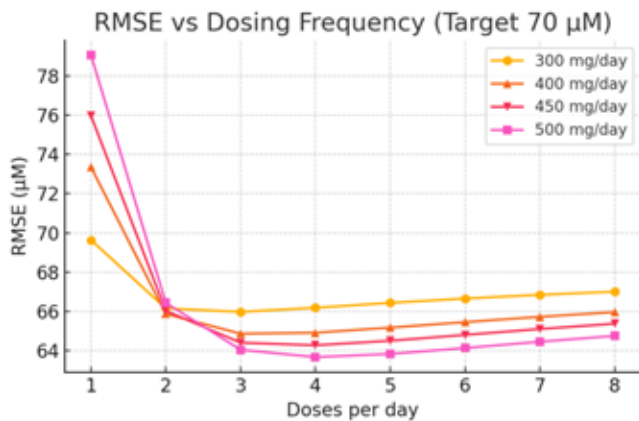


図4: アスコルビン酸（ビタミンC）の1日あたり摂取量と体内濃度

5 各ビタミンの1日の摂取回数と量

仮定1にて、1日3回のアスコルビン酸（ビタミンC）の摂取回数が最適である場合、チアミン（ビタミンB1）、ナイアシン

表4: 総投与量別に得られた RMSE の最小値

総量	RMSE が最小となる回数	最小 RMSE (μ M)
300 mg	3 回	~66.0
400 mg	3-4 回	~64.8
450 mg	3-4 回	~63.9
500 mg	4 回	~63.6

（ビタミン B3）についてもその体内濃度最大化が可能である摂取回数であることが正である場合、ビタミンの最適接種回数全体が3-4回と規定出来る、と記載したことが、表3によって肯定されることが示唆された。したがって、1日34回がビタミン全体の最適な（体内濃度を最大化する）摂取濃度であり、この回数はヒトの慣習的な食事パターン（朝・昼・夕の3食）と近似するため、追加コストやアドヒアランス低下のリスクが小さい。さらに脂溶性ビタミンは消失が遅く1日1回で十分であり、鉄とトコフェロール（ビタミンE）は吸収干渉を避ける目的で8時間以上の間隔を置くことが望ましい。また、ビタミンB群の夜間摂取は神経賦活作用により不眠を誘発する可能性が報告されており、夕方までに摂取を終えることが推奨される [26]。

6 まとめ

本稿では、先行研究 [9] が提示した「メガビタミン健康法における安全な1日総摂取量」を基盤に、体内濃度をほぼ飽和域に維持できる最小分割回数を薬物動態データから導出した。具体的には、小腸飽和点（1回量の上限）D、血漿半減期 $t_{1/2}$ （濃度低下速度）、体内ストア寿命 τ （バッファ日数）の3変数を全ビタミンについて整理し、最短 $t_{1/2} \times$ 最短 τ を示すアスコルビン酸（ビタミンC）を律速因子とした3-4回/日の設計が、チアミン（ビタミンB1）・ナイアシン（B3）を含む他ビタミンでも機能的飽和域をカバーできることを示した。

この結果は、「不足時は優先度の高い生理機能へ配分される（トリアージ理論）」[27] および「血漿濃度→細胞内濃度→機能発現と段階的に飽和する（ビタミン・カスケード仮説）」[3] が想定する“体内濃度の最大化”という目的に対し、具体的な投与パラメータを付与する補助資料となる。得られた回数・量の指標は、臨床研究や実践者が用いる用量設定の客観的な参照値として利用可能である。本稿がメガビタミン健康法を安全かつ効率的に実践されることへの一助となれば幸いである。

補稿：アスコルビン酸 (ビタミン C) の摂取回数と体内濃度シミュレーション

Listing 1: ビタミン C 1 日分割回数—RMSE 計算スクリプト

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
# ace_tools は ChatGPT 環境限定。ローカル実行時はコメントアウト推奨
# from ace_tools import ←
    ←display_dataframe_to_user

# --- Fixed PK parameters ---
MW_VITC      = 176.12 # ←
    ←gc2b7mole281bbc2b9
BLOOD_VOL_L  = 5.0
UM_PER_MG    = (1e-3 / MW_VITC) * 1e6 / ←
    ←BLOOD_VOL_L
BASELINE     = 60.0 # c2b5M
TARGET       = 70.0 # c2b5M
HALF_LIFE_H  = 0.5
KE           = np.log(2) / HALF_LIFE_H
KM           = 200.0 # intestinal Km (mg)

DT_MIN       = 1
DT_H         = DT_MIN / 60.0
TOTAL_MIN    = 24 * 60
TIME_POINTS  = np.arange(0, TOTAL_MIN + ←
    ←DT_MIN, DT_MIN)

def simulate_rmse(total_mg, n_doses):
    dose_each  = total_mg / n_doses
    interval_h = 24 / n_doses
    schedule   = {int(interval_h * i * 60): ←
        ←dose_each for i in range(n_doses)}
    C = BASELINE
    conc = []
    for minute in TIME_POINTS:
        if minute in schedule:
            d = schedule[minute]
            F = d / (d + KM)
            C += F * d * UM_PER_MG
        conc.append(C)
    C *= np.exp(-KE * DT_H)
    conc = np.array(conc)

    return np.sqrt(((conc - TARGET) ** ←
        ←2).mean())

dose_levels = [300, 400, 450, 500] # mg/day
rows = []
for n in range(1, 9):
    row = {"Doses": n}
    for total in dose_levels:
        row[f"RMSE_{total}mg"] = ←
            ←round(simulate_rmse(total, n), 2)
    rows.append(row)

df = pd.DataFrame(rows)
print(df) # テキスト出力
# display_dataframe_to_user("RMSE vs Dosing ←
    ←Frequency", df) # ChatGPT 用

# --- Plot ---
plt.figure(figsize=(6,4))
markers = ['o', '^', 'v', 's']
for idx, total in enumerate(dose_levels):
    plt.plot(df["Doses"], ←
        ←df[f"RMSE_{total}mg"],
            marker=markers[idx], ←
            ←label=f"{total}μmg/day")
plt.xlabel("Doses per day")
plt.ylabel("RMSE (c2b5M)")
plt.title("RMSE vs Dosing Frequency (Target ←
    ←70 c2b5M)")
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()

# Save CSV
df.to_csv("rmse_dosefreq_300_400_450_500.csv", ←
    ←index=False)
```

参考文献

- [1] Kennedy, D. O. B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy—A Review. *Nutrients*. 2016;8(2):68.
- [2] Pauling, L. Orthomolecular Psychiatry. *Science*. 1968;160(3825):265-271.
- [3] 三石巖. 分子栄養学のすすめ. 祥伝社; 1982.
- [4] Hoffer, A.; Saul, A.W. *Orthomolecular Medicine for Everyone: Megavitamin Therapeutics for Families and Physicians*. Basic Health Publications; 2008.
- [5] Pauling, L. *Vitamin C and the Common Cold*. W. H. Freeman; 1970.
- [6] Hemilä, H.; Chalker, E. Vitamin C for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(1):CD000980.
- [7] National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. *Vitamin C – Health Professional Fact Sheet*. Updated 26 Mar 2024. Available from: <https://ods.od.nih.gov>.
- [8] Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. National Academies Press; 2000. Chapter 4.
- [9] IMN-RC. メガビタミン健康法における摂取量 1. 内部報告書; 2025.
- [10] Gibaldi, M.; Perrier, D. *Pharmacokinetics*. 2nd ed. Marcel Dekker; 1982.
- [11] Rowland, M.; Tozer, T. N. *Clinical Pharmacokinetics and Pharmacodynamics*. 5th ed. Wolters Kluwer; 2019.
- [12] Haskell, M. J. Fat-Soluble Vitamin Kinetics. *Adv Nutr*. 2012;3:38-51.
- [13] Heaney, R. P. Vitamin D in Health and Disease. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2014;144:190-195.
- [14] Traber, M. G. Vitamin E kinetics and functions. *Free Radic Biol Med*. 2016;100:44-63.
- [15] Tallaksen, C. M.; Gjessing, L. R.; Solberg, C. O. Thiamin kinetics in humans. *Am J Clin Nutr*. 1993;58:638-642.
- [16] Powers, H. J. Riboflavin and health. *Nutr Metab Insights*. 2020;13:1-8.
- [17] Jacob, R. A.; Swendseid, M. E. Niacin, tryptophan, and the NAD pool. *J Nutr*. 2017;147:561-566.
- [18] Tahiliani, A. G. Pantothenic acid: aspects of metabolism and deficiency. *Nutr Rev*. 2017;75:29-40.
- [19] Leklem, J. E. Vitamin B6: a status report. *Ann N Y Acad Sci*. 1990;585:54-66.
- [20] Mock, D. M. Biotin status: indices and evidence. *Am J Clin Nutr*. 2017;105:49-56.
- [21] Bailey, L. B. Folate in health and disease. *Nutrients*. 2015;7:179-203.
- [22] O'Leary, F.; Samman, S. Vitamin B12 in health and disease. *Nutrients*. 2010;2:299-316.
- [23] Levine, M.; Conry-Cantilena, C.; Wang, Y.; et al. Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1996;93:3704-3709.
- [24] Schurgers, L. J. Vitamin K metabolism and requirements. *Nutrients*. 2021;13:183.
- [25] Manson, J. E.; et al. Vitamin D Supplements and Prevention of Cancer: Extended Analysis. *J Natl Cancer Inst*. 2020;112:100-109.
- [26] 藤川徳美. メガビタミン健康法. 方丈社; 2020.
- [27] Ames, B. N. Low micronutrient intake may accelerate the degenerative diseases of aging through allocation of scarce micronutrients by triage. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2006;103(47):17589-17594.