

ゼミ発表 & 情報共有

金泉大介 (丸野研究室, 精度保証付き数値計算グループ OB)

2019 年 11 月, @柏木研究室, 数学応用数理専攻

本発表の流れ

- ① 初歩的な質問・疑問
- ② 先週の振り返り
- ③ Stiff eq. について思ったこと
- ④ 旬の話題
 - 研究室外部の話題
 - 身の上話
 - 最近流行りの質問
 - 新刊情報
 - 行楽情報
 - Open Access Week 特集
 - 新型 OS 登場
 - myCompiler
 - Visual Studio
 - Blawn
 - AI× 精度保証
 - 最適化 News
 - 世界冠廷科学賞
 - 研究室内部の話題
 - 11, 12 月の予定
 - Slack 関連の話題

初歩的な質問・疑問

- ODE/PDE の解法における差分間隔のことを我々は "Mesh" と呼んでいる.
- しかし中には "Grid" と呼ぶ人たちもいる^{1,2,3}.
- 使い分けてありますか？
- (ちなみに HPC だと multigrid という用語があります)

Mesh (辞書的な意味 by Weblio)

網目の織物, 網細工, 網, 網の目, (人を陥れる) 網, わな, 複雑な機構

Grid (辞書的な意味 by Weblio)

(鉄) 格子, (肉・魚を焼く) 焼き網, (自動車の屋根の) 格子状荷台, (電線・水道・ガスなどの) 敷設網, 送電網, 基盤目

¹Thompson, J. F., Warsi, Z. U., & Mastin, C. W. (1985). Numerical grid generation: foundations and applications. Amsterdam: North-Holland.

²Castillo, J. E. (Ed.). (1991). Mathematical aspects of numerical grid generation. Society for Industrial and Applied Mathematics.

³Thompson, J. F., Soni, B. K., & Weatherill, N. P. (Eds.). (1998). Handbook of grid generation. CRC press.

先週の振り返り

- 先週は多次元 PSA について教えていただきました.
- 多次元ベキ級数の誤差評価さえできれば多変数 (q -) 超幾何関数を精度保証できると思う.
- 最近が多変数超幾何関数と非線形波動の関係が研究されているので, 完全に需要がないとは言えないと思う ^{4,5}.
- 多変数超幾何関数の近似値計算なら高山信毅先生がやっています ^{6,7}.
- 多次元 PSA について進捗があったら教えてください !!!

⁴Kodama, Y., & Konopelchenko, B. G. (2016). Confluence of hypergeometric functions and integrable hydrodynamic-type systems. Theoretical and Mathematical Physics, 188(3), 1334-1357.

⁵Kodama, Y., Konopelchenko, B., & Schief, W. K. (2015). Critical points, Lauricella functions and Whitham-type equations. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 48(22), 225202.

⁶<http://www.math.kobe-u.ac.jp/HOME/taka/index-ja.html>

⁷<https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-17K05279/>

Stiff eq. について思ったこと

- Stiff \neq Chaos であるということを最近教わりました.
- 具体例: Lorenz eq. \neq Stiff
- 確かに 1990 年代には Lorenz eq. の性質を計算機援用証明したという論文が多数あったので (後述), Lorenz eq. \neq Stiff というのは納得できる.
- Chaos だけど Stiff ではない方程式は可解 Chaos (Solvable Chaos⁸) と関係があるのかも？

⁸Grammaticos, B., Ramani, A., & Viallet, C. M. (2005). Solvable chaos. Physics Letters A, 336(2-3), 152-158.

Lorenz eq. に関する論文

- Hassard, B., Zhang, J., Hastings, S. P., & Troy, W. C. (1994). A computer proof that the Lorenz equations have "chaotic" solutions. *Applied Mathematics Letters*, 7(1), 79-83.
- Mischaikow, K., & Mrozek, M. (1995). Chaos in the Lorenz equations: a computer-assisted proof. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 32(1), 66-72.
- Mischaikow, K., & Mrozek, M. (1998). Chaos in the Lorenz equations: A computer assisted proof. Part II: Details. *Mathematics of Computation*, 67(223), 1023-1046.
- Galias, Z., & Zgliczynski, P. (1998). Computer assisted proof of chaos in the Lorenz equations. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 115(3-4), 165-188.
- Tucker, W. (1999). The Lorenz attractor exists. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences-Series I-Mathematics*, 328(12), 1197-1202.
- Mischaikow, K., Mrozek, M., & Szymczak, A. (2001). Chaos in the Lorenz equations: A computer assisted proof part III: Classical parameter values. *Journal of Differential Equations*, 169(1), 17-56.

Stiff eq. について思ったこと

- Stiff というのは主に ODE の数値解法で使われる概念である
- しかし Stiff PDE があることに最近気づいた^{9,10}
- 興味本位で調べてみたところ, Stiff DDE, Stiff DAE というのもあるみたいです (文献は後述)
- Stiff を追求していくことで, PDE/DDE/DAE を巻き込んだ統一的な理論が作れるかもしれない

⁹Kassam, A. K., & Trefethen, L. N. (2005). Fourth-order time-stepping for stiff PDEs. SIAM Journal on Scientific Computing, 26(4), 1214-1233.

¹⁰Hidalgo, A., & Dumbser, M. (2011). ADER schemes for nonlinear systems of stiff advection-diffusion-reaction equations. Journal of Scientific Computing, 48(1-3), 173-189.

DDE

- Roth, M. G. (1980). Difference methods for stiff delay differential equations. Univ. of Illinois, Urbana-Champaign, IL (United States). Dept. of Computer Science.
- Bocharov, G. A., Marchuk, G. I., & Romanyukha, A. A. (1996). Numerical solution by LMMs of stiff delay differential systems modelling an immune response. *Numerische Mathematik*, 73(2), 131-148.
- Guglielmi, N., & Hairer, E. (2001). Implementing Radau IIA methods for stiff delay differential equations. *Computing*, 67(1), 1-12.

DAE

- Hairer, E., Lubich, C., & Roche, M. (1988). Error of Runge-Kutta methods for stiff problems studied via differential algebraic equations. *BIT Numerical Mathematics*.
- Hairer, E., Lubich, C., & Roche, M. (1989). Error of Rosenbrock methods for stiff problems studied via differential algebraic equations. *BIT Numerical Mathematics*, 29(1), 77-90.
- Knorrenschild, M. (1992). Differential/algebraic equations as stiff ordinary differential equations. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 29(6), 1694-1715.
- Hussein, B. A., & Shabana, A. A. (2011). Sparse matrix implicit numerical integration of the Stiff differential/algebraic equations: Implementation. *Nonlinear Dynamics*.
- Cash, J. R. (2003). Efficient numerical methods for the solution of stiff initial-value problems and differential algebraic equations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 459(2032), 797-815.

Stiff eq. について思ったこと

- 特殊関数は ODE/PDE で特徴づけられる (楕円関数なら KdV)
- Stiff eq. で特徴づけられる特殊関数はどんな性質を持つ？
- DDE/DAE で特徴づけられる特殊関数もあっていいと思う
→ 何かご存知ないですか？

身の上話

最近知り合い達からこんな連絡が頻繁に来る.

"君のやっている分野は最近話題になっているよね !!!"

"Google, IBM でも研究されているよね !!!"

これは冷やかashiではなく,

quantum calculus (q -calculus, 私の得意分野) = quantum computing

という誤解が原因である.

- そもそも calculus \neq computing である
- quantum calculus: q を量子に見立てている (量子もどきを含めて quantum と呼んでいる)
- quantum computing: quantum を物理的な意味でしか使っていない

(参考) 量子と名のつく数学用語

量子可積分系 (サイエンス社から入門書が出ている), 量子逆散乱法, 量子群, ...

ちなみに soliton cellular automaton \times quantum computing という研究はある¹¹.

¹¹由良文孝. (2001). ソリトンセルオートマトンと量子コンピューティング (離散可積分系の研究の進展: 超離散化・量子化).

最近流行りの質問

最近 ResearchGate でこんな質問が流行っている (Business School 教員の質問).

"Can higher order partial derivatives be derived or approximated from lower order partial derivatives ?"

回答

"A classical tool to do what you are asking are **divided differences**. A survey of this technique can be found here."

<http://emis.ams.org/journals/SAT/papers/2/2.pdf>

質問の背景

Business School の方が質問している
→Lagrange の未定乗数法が念頭にあるのかも.

- 厳密評価ができれば精度保証に転用できるのかも
- ODE/PDE の精度保証で微分の階数を下げる技術などありますか？

新刊情報

読書の秋なので気になった数値計算・数学関連書籍を紹介します。

話題の本

- 精度保証・計算機援用証明の応用先として自動定理証明がよく挙げられる
- 最近, 定理証明の和書が刊行されて話題になっている

2018 年 4 月に森北出版から発行された『Coq/SSReflect/MathComp による定理証明』(萩原学 & アフェルト・レナルド著) は定理証明支援系の代表格である Coq とその拡張言語 SSReflect/MathComp の初となる解説書である。

<https://note.mu/morikita/n/nf45b6e44964f>

ODE/PDE 関連

- 伝説の ODE/PDE 本たちが「朝倉復刊セレクション」として帰ってくる !!!
- " 常微分方程式, 朝倉書店, 高野恭一."
- " 非線型数学, 朝倉書店, 増田久弥."

<http://www.asakura.co.jp/books/isbn/978-4-254-11844-8/>

<http://www.asakura.co.jp/books/isbn/978-4-254-11846-9/>

新刊情報

Stephen Wolfram の新刊

"Adventures of a Computational Explorer"

直交多項式の新刊 (Cambridge University Press)

Encyclopedia of Special Functions: The Askey-Bateman Project, Volume 1:
Univariate Orthogonal Polynomials, Edited by Mourad E. H. Ismail

サイエンス社

理工学のための数値計算法 [第3版]

森北出版

『リーマン面の理論』(寺杣友秀 著)

行楽情報

行楽の秋なので数学関連の行楽情報を紹介します。

- 駐日 EU 代表部で数学の写真展があります (日本数学会後援)
- 麻布十番駅から徒歩 17 分 → いい運動になる !!!
- 目の保養 & 息抜きなる !!!

- 日時：10月10日（木）～11月1日（金）（※土日祝を除く）
→ 無事に終了しました。
- 時間：~~10:00～17:00~~（最終日の受付は12:00まで）
→ 無事に終了しました。
- 場所：駐日 EU 代表部
- 入場：無料 & 事前登録不要。
ただし写真付き ID を受付に預けゲストブックにサインする。
→ 無事に終了しました。

Open Access Week 特集

- ~~今週は Open Access Week~~ らしいです !!! → 無事に終了しました.
- これにあわせ Elsevier 社は 15 年に渡る Open Access 活動をまとめている
- みんなのために Open Access に関連したものをまとめてみた (全部合法)

Open Access に関連したもの一覧

- arXiv
- doaj.org (Open Access 限定検索)
- PubPeer (論文専用「はてな bookmark」)
- SpringerOpen
- Google Chrome/Firefox 拡張機能 (論文の合法的な無料版に飛ばしてくれる)
 - Open Access Button
 - Unpaywall
- 研究者専用 SNS (iOS にも対応) → 論文が無料で入手できたりする
 - academia.edu
 - ResearchGate

新型 OS 登場

"Windows 10X" が来年登場するそうです¹² !!!

出回っている情報

- ほぼ無償で使える
- Chrome OS への対抗策

Microsoft 社からの公式発表に期待しよう !!!

それでも満足できない人のために

PowerToys: Windows 10 を改造する道具らしい (GitHub も参照)

<https://ascii.jp/elem/000/001/969/1969024/>

¹²<https://www.itmedia.co.jp/pcuser/articles/1910/28/news043.html>

myCompiler

ついに C++, C 言語などを Browser 上で動かせるようになった !!!

myCompiler を試しに使ってみた感想

- 確かに使いやすいし速い
- Header file は使えないみたい ...
- private directory は作れないみたい ...

授業などで紹介する価値はあるかもしれない.

Visual Studio

- Visual Studio 2019 が登場 !!!
- Visual Studio Online も登場 !!!

Visual Studio Online

- Microsoft, GitHub account を作れば使える
- version 管理できる
- 公開範囲を設定できる
- Browser 上で Compile もできるらしい

Blawn

- 開成中学校の3年生が新言語「Blawn」を開発して表彰された (4冠達成)¹³.
- C++を元開発したそうです (GitHub 参照)
- 従って演算子多重定義もできるはず
- 「Blawn による区間演算 library 開発」 (来年の卒論主題候補)

開発の動機

- 可読性向上
- memory 安全性向上
- 速度向上

Rust と比べてみるのも面白いのかも

¹³https://www.bcnretail.com/market/detail/20191021_142131.html

AI× 精度保証

ついに AI が精度保証された !?!?!?¹⁴

富士通研究所は、AI 運用時の入力データの正解付けを自動化することで、AI の精度の推定と AI モデルの自動修復を可能にする技術「*High Durability Learning*」を、世界で初めて開発した。今回開発した技術により、AI モデルを高い精度で長期間維持し、さまざまな業務で安定した AI 運用を実現できる。今後は同技術を富士通の AI 技術「*FUJITSU Human Centric AI Zinrai*」に活用していく。

「AI の精度保証」(来年以降の卒論主題候補 !?)

背景

- EU が制定した GDPR では AI の結果に異議を唱える権利が認められている
- AI に対する誤差評価に注目が集まっている

¹⁴https://www.weeklybcn.com/journal/news/detail/20191028_170451.html

最適化 News

また最適化の巨匠がこの世を去ったらしい ... ¹⁵

*Murray Rosenblatt, who passed away earlier this month at the age of 93. Dr. Rosenblatt was a **staple in the optimization community** and well renown at UC San Diego where he served as the Professor Emeritus of Mathematics.*

staple: 主要人物

Numerical Optimization にも影響があったのでしょうか？

¹⁵<https://sinews.siam.org/Details-Page/remembering-murray-rosenblatt>

世界冠廷科学賞

Nobel 賞よりすごい賞ができるらしい !!! (by 朝鮮日報^{16,17})

- 数理物理学賞・応用工学賞などがある
- 2022 年から開始
- Fields 賞などと違って年齢制限もないらしい
- 韓国の財閥が作った賞である
- 日韓関係が改善すれば大石先生 & 中尾先生も受賞できるかも !?

¹⁶http://www.chosunonline.com/site/data/html_dir/2019/10/24/2019102480003.html

¹⁷<https://www.j-cast.com/kaisha/2019/10/25371031.html>

11, 12 月の予定

12 月上旬に先生が帰ってきます (2 週間ぐらい).

想定される付随 event

- NVR2019 → 多分我々には関係ないはず
- B3 向け研究室説明会 → この時期はなるべく研究室にいた方がいいかも
- 卒修論などの進捗報告

決定事項

打ち合わせを今回で最後にする.

理由

- 卒修論が忙しくなる
- 先生が帰ってきたときに進捗報告がある → 要準備
- B3 向け研究室説明会 → 準備が必要かも
- 個人的には arXiv 投稿準備をしたい

Slack 関連の話題

- Slack の日本での利用者が増えていてニュースになっている^{18,19}
- 最近では企業・教育機関のみならず学生団体の使用も増えている
- これを機に無料利用者への制約が強まる可能性あり
- Upgrade した方がいいかも → 教育機関割引 & 実験実習費が使えればよい前例になる
- Upgrade の手続きが終わるまでの代替策について考えてみた

よく言われる Slack の代替策

- Google Groups→snippet, subgroup 作成機能はないかも ?
- Cybozu (日本版 Slack)→ 最近 Garoon & 「ざんねんな情報共有ずかん」を発表して車内広告になっている (値段は高いらしい).
- DingDing (中国版 Slack)→ 本家よりすごいという噂がある.
- Microsoft Teams (値段は高そう)
- ChatWork, Qiita Teams (日本版 Slack, 値段は高そう)

¹⁸<https://forbesjapan.com/articles/detail/30209>

¹⁹https://internet.watch.impress.co.jp/docs/column/slack_info/1212812.html

Slack 関連の話題

先生と相談・議論したこと

- (Access を制限した) 単純な file 置き場ならすぐ作れるが大事なのは comment 機能
- 「file 置き場 +comment 欄」→ 研究室 Wiki (企業で言う「社内 Wiki」)
- 掲示板にすると ID 作成が必要になって超大変 (Facebook 等の SNS による認証も厳しいかも)

file 置き場の定番

- Adobe Document Cloud
- Google Drive
 - multi-account に対応していて容量もでかい (不足したら Google Play で買う)
 - しかし Waseda account では使えないみたい
- MediaFire, Icedrive, MEGA (NZ 発祥)→ 新興勢力

(参考) Dropbox 系統の file 置き場

Dropbox は定番だが相対的に容量が少ない.

- Dropbox Spaces→ 強化版 Dropbox (有料)
- Dropbox Paper→Source Code 専用の Dropbox

Slack 関連の話題

(参考) Microsoft 系統の file 置き場

- Microsoft Azure
- Microsoft 365
- OneDrive→ 最近になって Personal Vault を導入した

<https://forest.watch.impress.co.jp/docs/serial/yajiuma/1215292.html>

Microsoft 製品を嫌う人は少なからずいるが, Mover (Dropbox/Google Drive から Microsoft 365 へ移行させるための道具) の買収などにより反撃・切り崩しが図られている²⁰.

²⁰<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1910/22/news030.html>

Slack 関連の話題

社内 Wiki としてよく使われるもの (教育機関向け option があるか要調査)

- GitHub Wiki/Gist, Gitea, FogBugz, BitBucket, CSDN (中国版 GitHub)
- GitLab
 - Wiki, Private Repository も作れる
 - GitHub, Gitea, FogBugz, BitBucket から Import できる
- Google Site→ 容量が足りなくなったら Google Play で購入する
- Scrapbox
- Confluence (by Atlassian)
- Slack との連携 Tool (課金しないと使い物にならないかも)
 - Guru
 - Qast
- Crowi, NotePM
- Docbase, iQube, Kibela (組織的に使うには課金が必要)
- Dokuwiki (世界中で利用されていて無料)
- MediaWiki→ 世界中で利用されていて無料だが構築するには PHP & mySQL が必要になる

(参考) Web 上に数式を表示する方法

理系 Wiki には数式が欠かせない.

Web 上に数式を表示する方法

- 数式を画像として張り付ける道具
 - CodeCogs^a→GitHub, GitLab, Google Site でも使える
 - Google Chart Tools→Google Site で使用が推奨されている
- KaTeX^b (GitHub も参照)
- MathJax^c
- MediaWiki
- Zotica & ZenMath^d→ 最近になって登場した (GitHub も参照)

^a<https://www.codecogs.com/latex/eqneditor.php>

^b<https://katex.org/>

^c<https://www.mathjax.org/>

^d<http://ziphil.com/application/download/9.html>

Slack 関連の話題

Slack と互換な OSS

- Gitter (by GitLab)
- Hexchat, rocket.chat, Zulip, [MatterMost](#)

重要な課題

- 自前で Server を用意する → これは問題ない
- Slack にある data, bot 等を export できるのか ? (MatterMost なら大体大丈夫)
- Guru, Qast (or 類似機能) は使える ? → 研究室 Wiki として使える ?

Slack → MatterMost

- Private Channel & Direct Message については export NG
- Bot の設定を引き継げるかは要確認 → 先生は気にしてないようです

Users

みずほ銀行, Airbus, Deloitte, EU 議会, Intel, NASA, NRI, Samsung, Uber

<https://mattermost.com/customers/>

Slack Export

- Discord (後述), Gitter, Rocket.Chat, Zulip にも Slack import 機能あり ^{21,22}.
- "Slack doesn't export private channels or direct messages unless you pay for Slack Plus or contact Slack support."
- "Slack doesn't export user settings or organization settings, so you'll need to configure these manually."

²¹<https://rocket.chat/docs/administrator-guides/import/slack/>

²²<https://zulipchat.com/help/import-from-slack>

最終兵器: Facebook

Facebook は広告があるものの完全無料なので意外と有力な選択肢かもしれない (先生 Idea).

利点

- Facebook Groups: 非公開 Group も作れる
- Facebook Note: 長文記事も書ける
- Album 機能で写真を無制限に保存できる → 容量が縮小された Flickr の代替策
- Slack 同様の mention 機能 (member tag) がある
- 個人間連絡と通話は Facebook Messenger を使える → 端末が変わっても履歴がしっかり引き継がれるので世界的に定評がある (Group Chat もできる)

弱点

- Account を作らないといけない → 抵抗がある人もいるかも
- Subgroup は作れないかも
- Snippet, 数式は使えないかも
- 中国などでは使えない
- Slack と違って自分あてに送信するという機能がない
- PDF upload に対応していない (画像に変換しないといけない)

最終兵器: Facebook

Facebook version Slack が遂に登場した !!!

Workplace by Facebook

- Starbucks, Air Asia, LIXIL, KADOKAWA などが導入している
- 非営利団体や教育機関であれば premium plan でも無料で利用できる
- Event, Markdown, Subgroup, 通話などが可能である

<https://ferret-plus.com/7547>

<https://jp.techcrunch.com/2017/05/18/facebook-workplace/>

<https://www.itmedia.co.jp/business/articles/1802/19/news071.html>

https://www.itmedia.co.jp/business/articles/1802/19/news071_2.html

課題

Slack とは互換ではない → Slack から data 等に移行させられないかも

課題があるとはいえ有力な代替策である (by 先生).

伏兵: Google

最近は Google の調子が悪いと揶揄されている。

Google の不況

- Google Code → 終了
- Google + → 終了
- Inbox → 終了

しかし Google の反撃が始まった !!!

最近発表した service

- Google Hangouts Chat (Google version Slack^a)
- Google One (強化版 Google Drive^b)

^a<https://tonari-it.com/google-cloud-next-2018-hangouts-chat/>

^b<https://web.smartnews.com/articles/hxcdSjTxMhC>

最近は無料 service を縮小して課金させまくる路線のようです²³ (要注意).

²³<https://www.chinadailyhk.com/articles/166/104/22/1571911589325.html>

新たな伏兵: Discord (要検討)

- 元々は gamer 向け ^a (でも snippet もあるし file 送受信もできる)
- Slack-Discord 間で双方向の import/export が可能である ^{b,c}
- IT 業界だと Gitea が導入している ^d (暗号業界でも導入が進んでいる)
- Private Channel も作れる ^e (Community 全体を非公開にできるか不明)

^a<https://discordapp.com/>

^b<https://discord.karmabot.chat/>

^c<https://www.producthunt.com/posts/discord-slack>

^d<https://gitea.io/en-us/>

^e<https://loumo.jp/wp/archive/20171031120001/>

我々が使うとしたらこうなる (要検討)

- わざと少しだけ open channel を作っておく
→ 企業の営業 & 研究室見学希望者に使っていただく (精度保証 Q& A もできるかも)
- 研究室内部情報は private channel で扱う

Rivals (この中だと Discord の方が圧倒的にいいらしい)

Skype, Ventrilo, TeamSpeak (<https://www.teamspeak.com/en/>)

新たな伏兵: Band

- Slack 打倒を目指している新興勢力
- 広告を出しまくっていて勢いに乗っている
- もちろん英語と日本語などに対応済み
- Slack と違って完全無料らしい (要検証)

<https://band.us/ja>

<https://blog.band.com/band-vs-slack-556d6b765de8>

課題

Slack とは互換ではない → Slack から data 等に移行させられないかも

Slack 関連の話題

せっかくなので Slack に関連した道具も紹介しよう。

SlackDeck (日本人が開発した, GitHub/SpeakerDeck を参照)

Slack + TweetDeck (Google Chrome の拡張機能, Open Source)

Rambox (Open Source)

- Gmail, Facebook Messenger, Outlook, Skype, Slack などを一括で扱える。
- 類似品: Station (<https://getstation.com/>)→ これも無料

<https://rambox.pro/>

Shift (課金しないと使いづらい)

強化版 Rambox (Message/Mail だけでなく SNS 等も一括で扱える)

<https://tryshift.com/>

みなさんがおすすめする Slack 関連 tool はありますか？

私なりの結論

Upgrade する利点

- 前例になる → 他の研究室にとって参考になる
- 制約を気にせず通話できる (Zoom を使わなくて済むかも)

<https://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/1213972.html>

- Slack については Upgrade を目指す
- 実験実習費が使えなかったら...
 - みんなで研究室 Wiki を作る !!!
 - Or Move to MatterMost etc. (export Slack data)²⁴

真の最終手段

Waseda Mail を使う → 容量無制限 !!!

²⁴<https://jmatsuzaki.com/archives/23647>