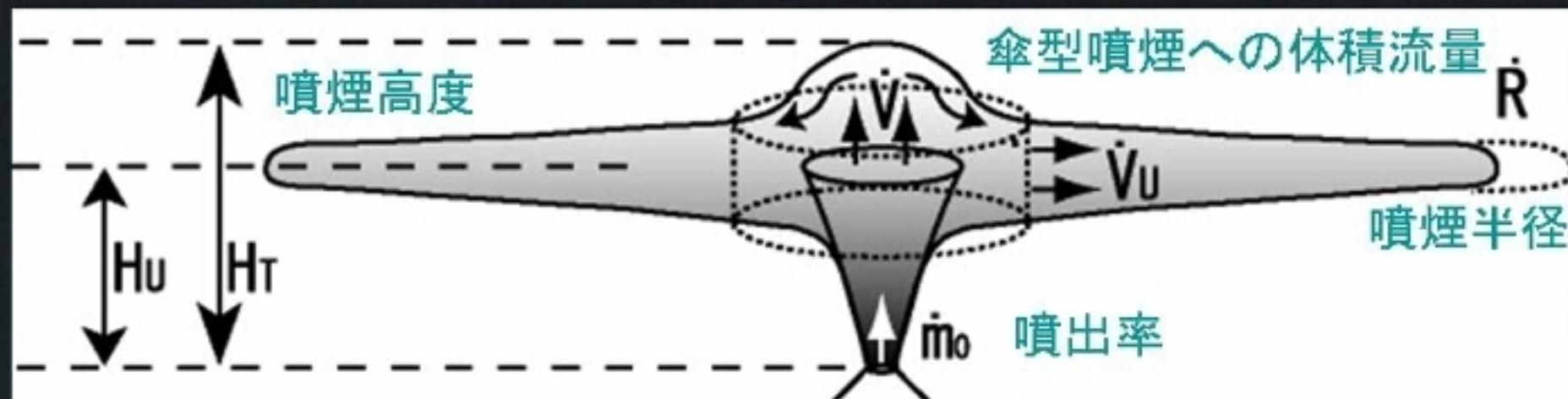


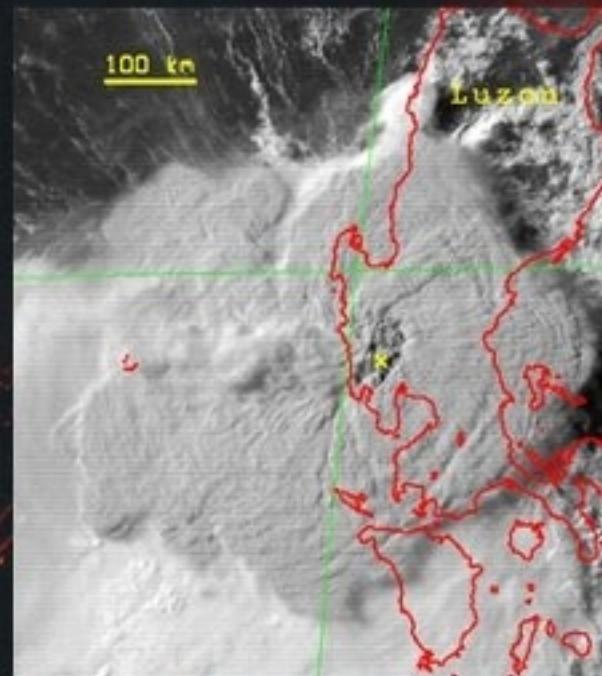
目次

1. 火山現象と、対象とする問題
2. 先行研究(噴煙の数値モデル)
3. モデル構築
 - 3.0. 概略
 - 3.1. 乱流混合
 - 3.2. 状態方程式
4. 計算結果
5. 観測データとの比較
6. 単純化モデルへのフィードバック

噴火における各物理量



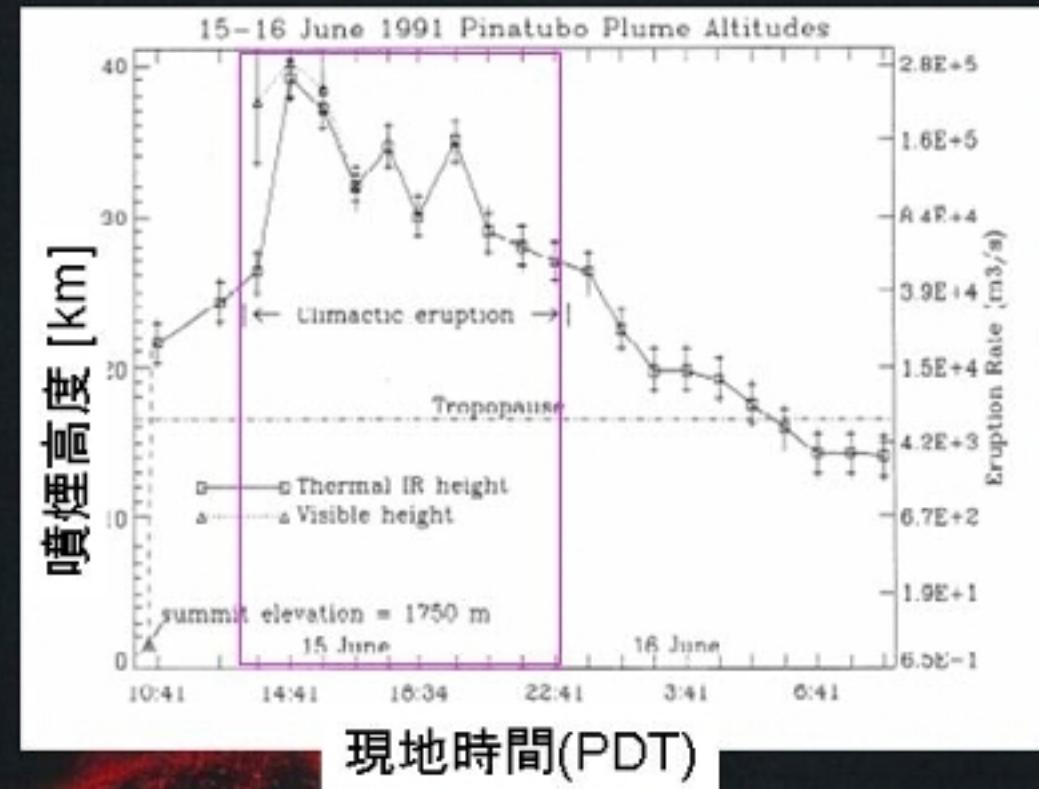
噴煙高度の目視観察



衛星からの観察

3次元シミュレーション
によって関係を求める

ピナツボ1991年噴火



総噴出量

[Holasek et al., 1996]

Fine ash = $11-14 \times 10^{12} \text{ kg}$

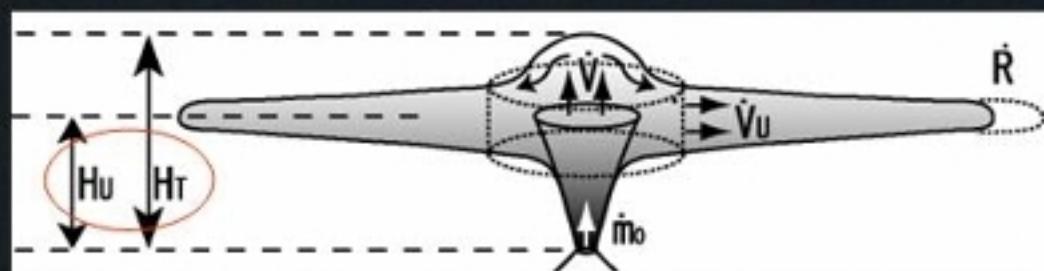
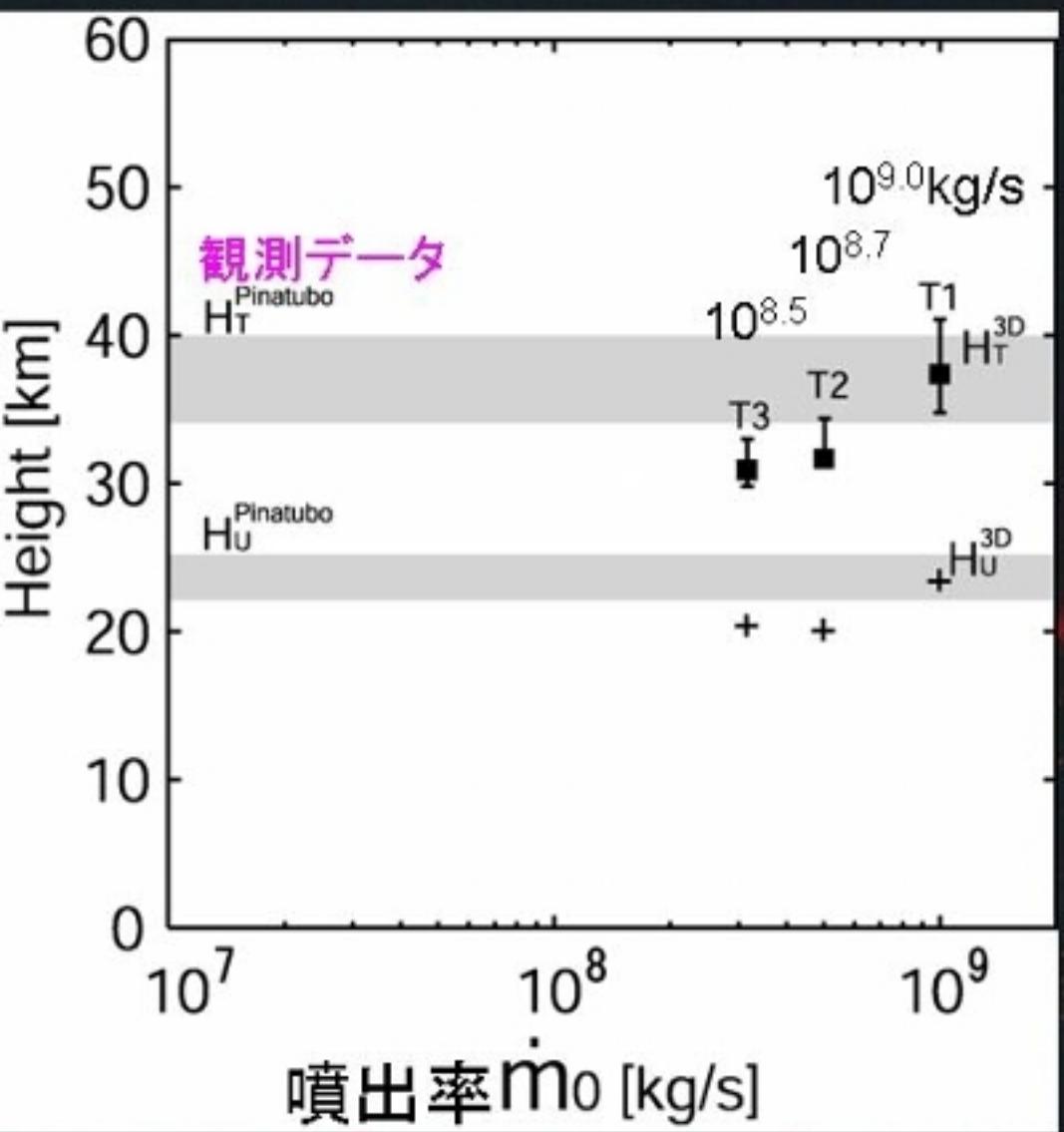
(Wiesner et al. 2004)

噴火継続時間 3.5-9 時間

(Koyaguchi and Tokuno, 1993;
Tahira et al., 1996; Holasek et al., 1996)

噴出率 = $10^{8.5-9} \text{ kg/s}$

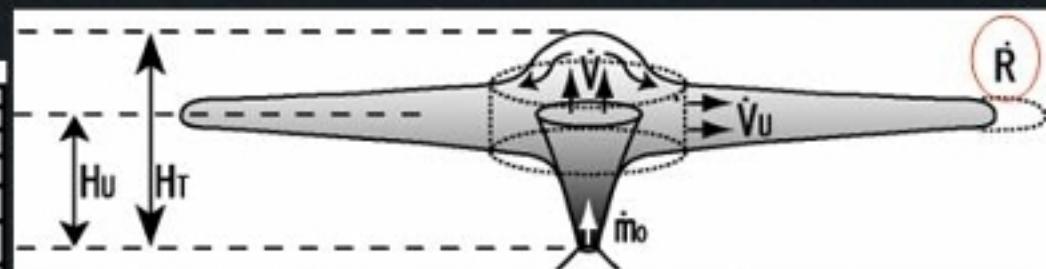
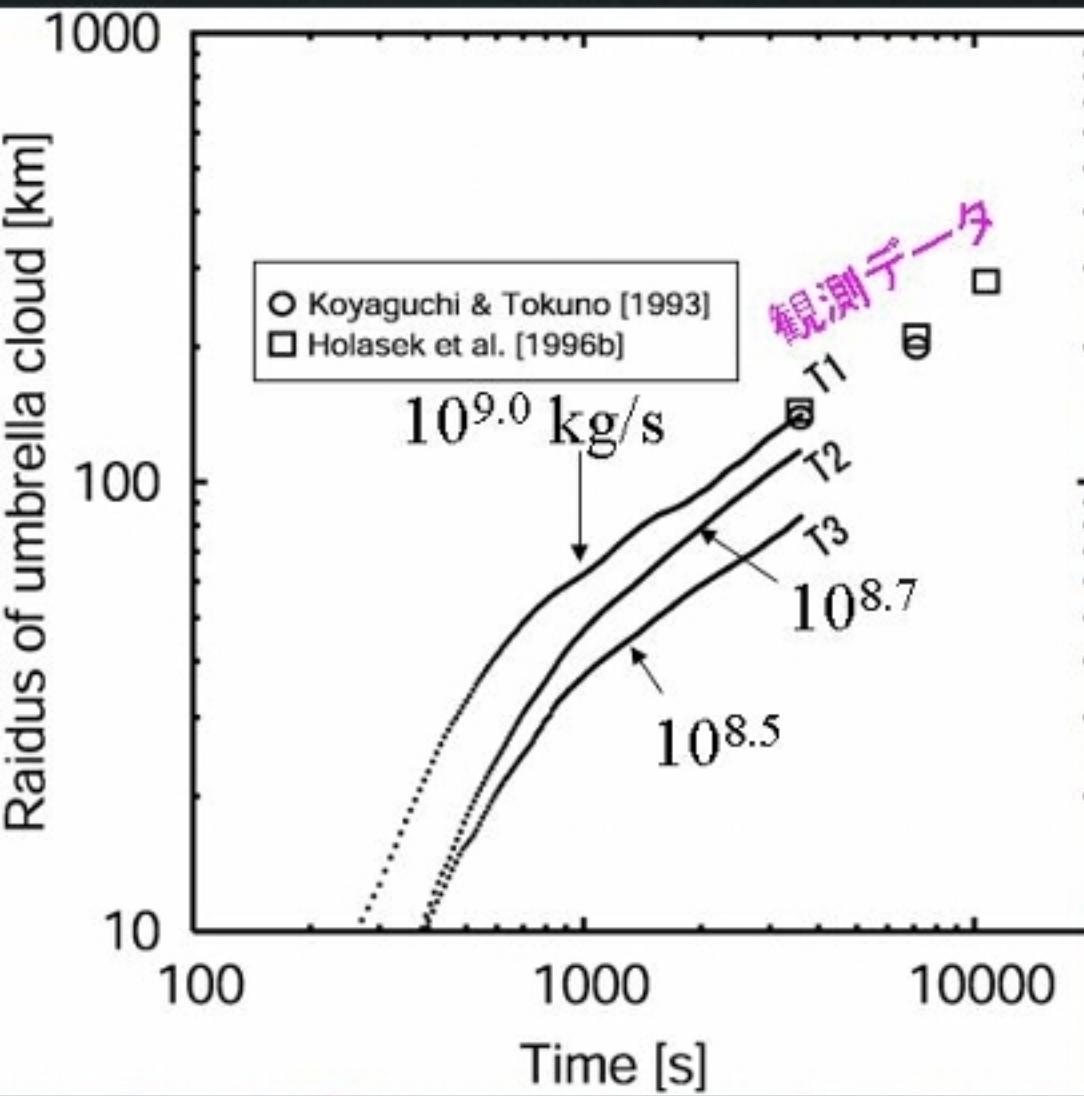
観測データとの比較1(噴煙高度)



ピナツボの噴煙高度
衛星写真より

[Tanaka et al., 1991;
Koyaguchi and Tokuno, 1993;
Holasek et al., 1996]

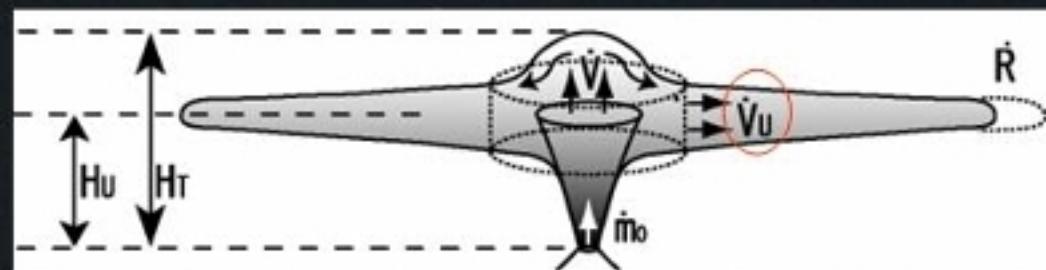
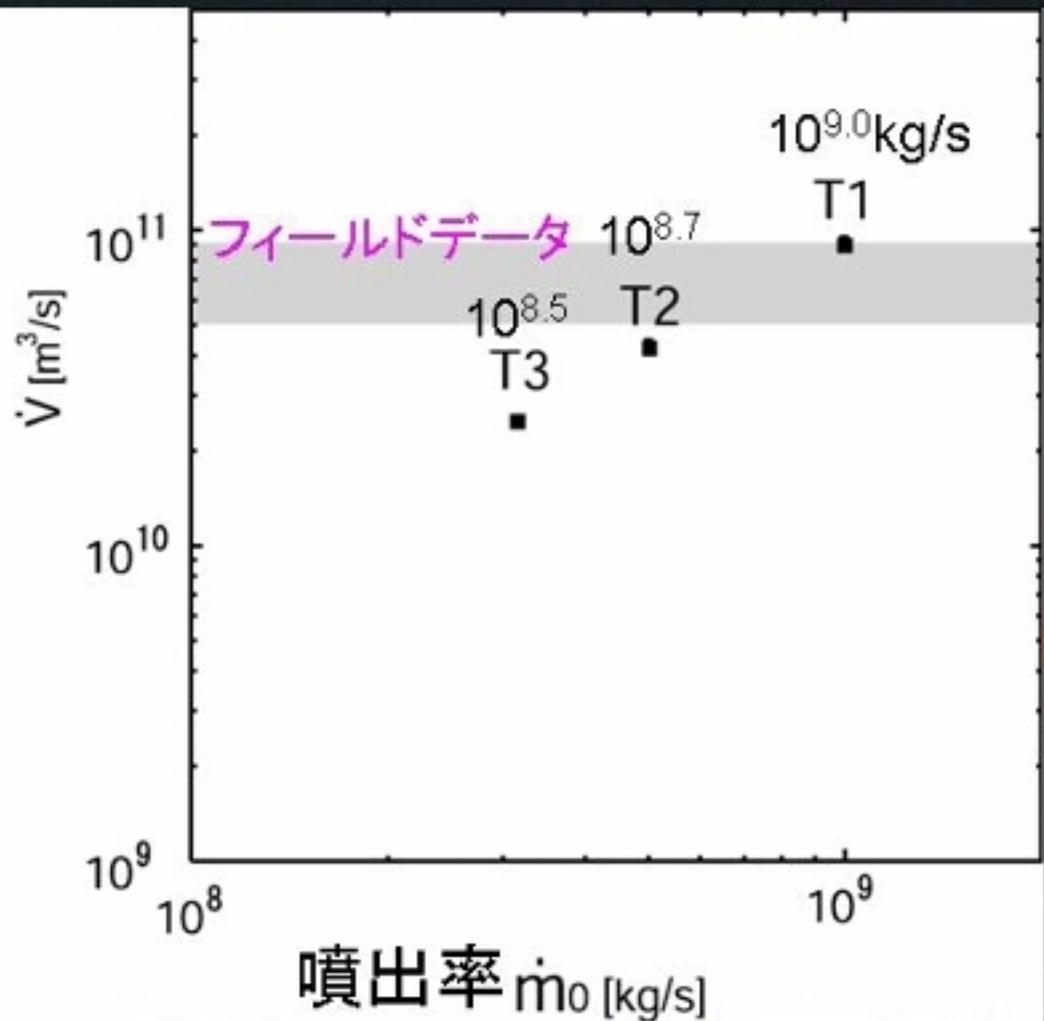
観測データとの比較2(傘型噴煙半径)



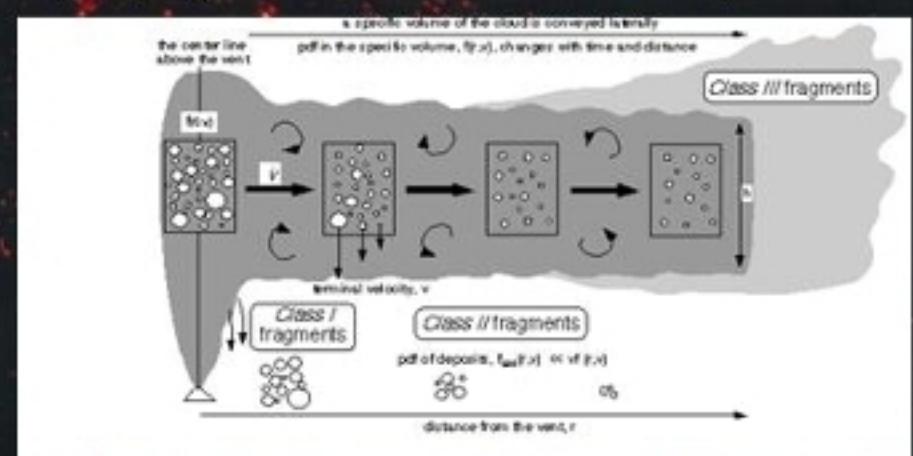
ピナツボ傘型噴煙半径
衛星写真より

[Koyaguchi and Tokuno, 1993;
Holasek et al., 1996;
Koyaguchi, 1996]

観測データとの比較3(体積流量)



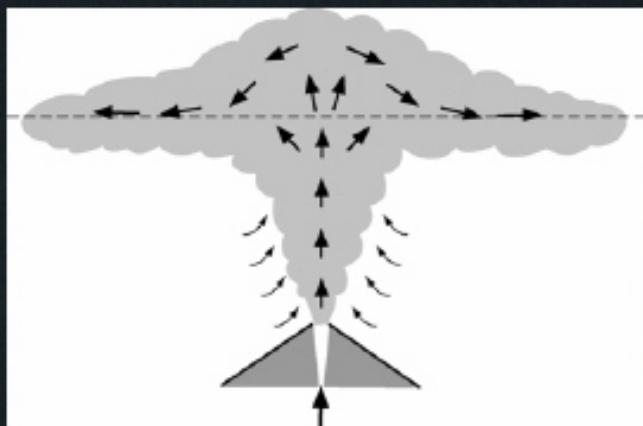
体積流量
空間的な堆積分布に
降灰モデル[Bursik et al., 1994]
を適用して求める
[Koyaguchi and Ohno, 2001]



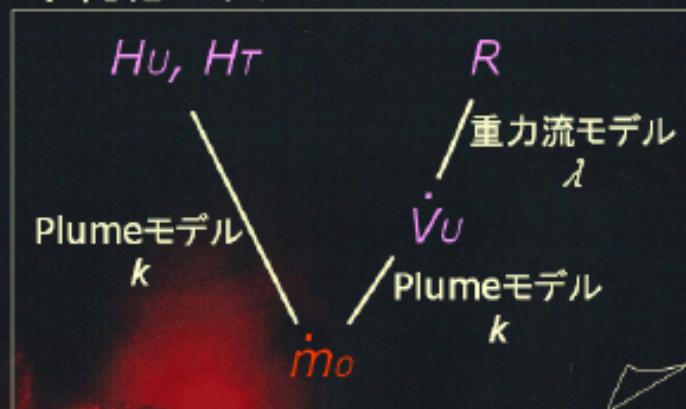
目次

1. 火山現象と、対象とする問題
2. 先行研究(噴煙の数値モデル)
3. モデル構築
 - 3.0. 概略
 - 3.1. 乱流混合
 - 3.2. 状態方程式
4. 計算結果
5. 観測データとの比較
6. 単純化モデルへのフィードバック

観測量から噴出率を求める簡便な方法



単純化モデル



◎噴煙柱のPlumeモデル [Woods, 1988]

$$\frac{d}{dz}(\text{質量流量}) = k \times (\text{大気密度})$$

噴出率 → 噴煙高度
傘型高度での体積流量

◎傘型噴煙の重力流モデル

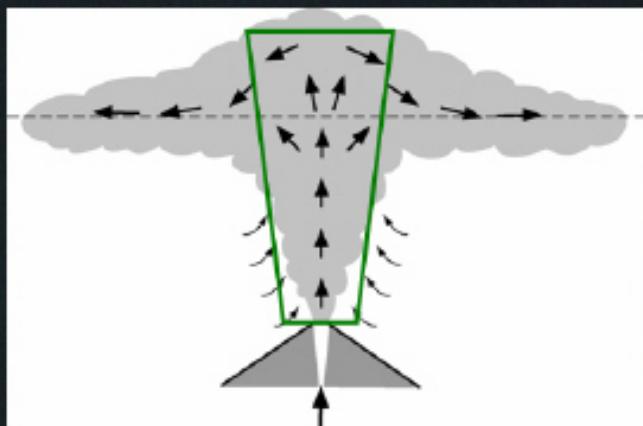
[Sparks et al., 1998]

$$R = \left[\frac{3\lambda N V_U}{2\pi} \right]^{\frac{1}{3}} t^{\frac{2}{3}}$$

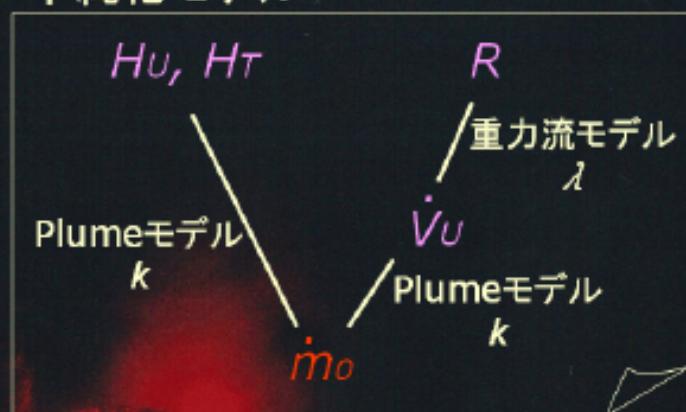
R : 半径
 N : ブラント・ヴァイサラ振動数
 V_U : 体積流量
 t : 時間

傘型高度での体積流量
→ 傘型噴煙半径の時間変化

観測量から噴出率を求める簡便な方法



単純化モデル



◎噴煙柱のPlumeモデル [Woods, 1988]

$$\frac{d}{dz}(\text{質量流量}) = k \times (\text{大気密度})$$

噴出率 → 噴煙高度
傘型高度での体積流量

◎傘型噴煙の重力流モデル

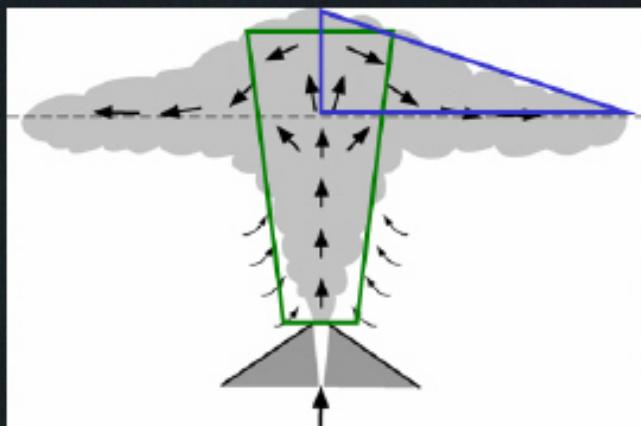
[Sparks et al., 1998]

$$R = \left[\frac{3\lambda N V_U}{2\pi} \right]^{\frac{1}{3}} t^{\frac{2}{3}}$$

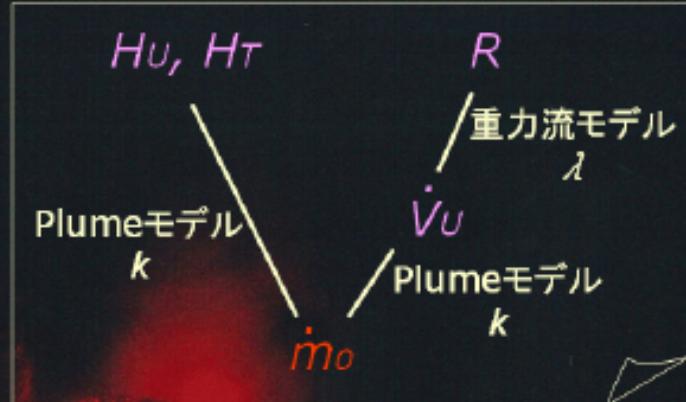
R : 半径
 N : プラント・ヴァイサラ振動数
 V_U : 体積流量
 t : 時間

傘型高度での体積流量
→ 傘型噴煙半径の時間変化

観測量から噴出率を求める簡便な方法



単純化モデル



◎噴煙柱のPlumeモデル [Woods, 1988]

$$\frac{d}{dz}(\text{質量流量}) = k \times (\text{大気密度})$$

噴出率 → 噴煙高度
傘型高度での体積流量

◎傘型噴煙の重力流モデル

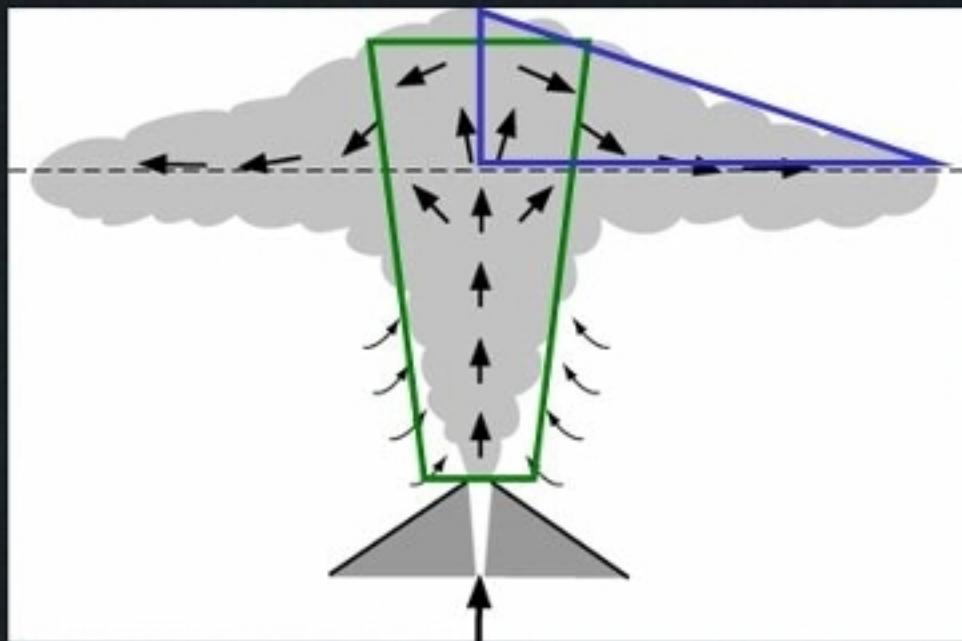
[Sparks et al., 1998]

$$R = \left[\frac{3\lambda N t^{\frac{2}{3}}}{2\pi} \right]^{\frac{1}{3}} \frac{2}{t^{\frac{2}{3}}}$$

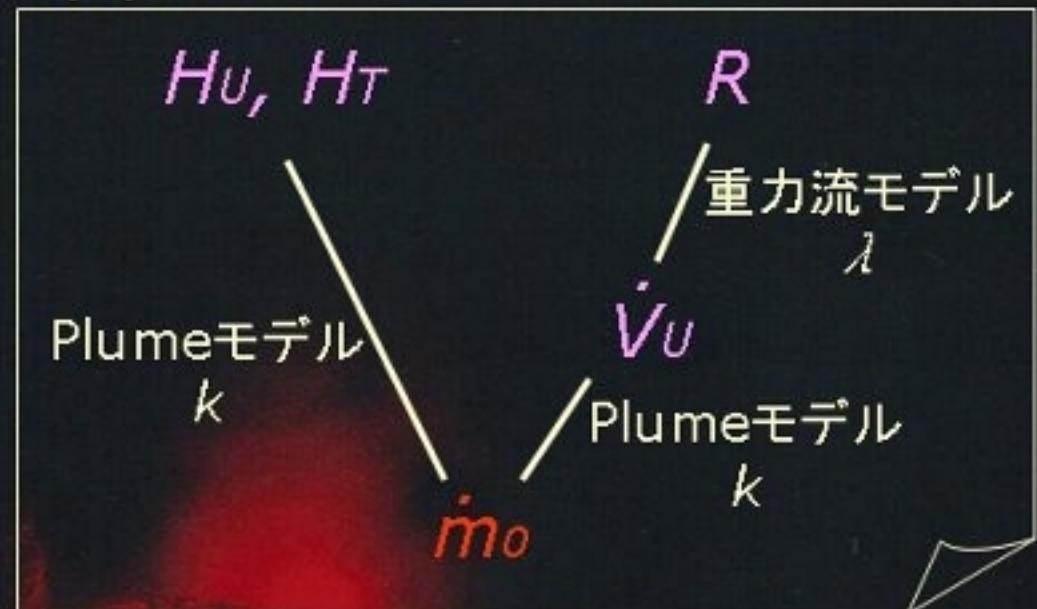
R: 半径
N: プラント・ヴァイサラ振動数
Vu: 体積流量
t: 時間

傘型高度での体積流量
→ 傘型噴煙半径の時間変化

観測量から噴出率を求める簡便な方法



単純化モデル



◎噴煙柱のPlumeモデル [Woods, 1988]

$$\frac{d}{dz}(\text{質量流量}) = k \times (\text{大気密度})$$

噴出率 → 噴煙高度
傘型高度での体積流量

◎傘型噴煙の重力流モデル

[Sparks et al., 1998]

$$R = \left[\frac{3\lambda N V_U^{\frac{2}{3}}}{2\pi} \right]^{\frac{1}{3}} t^{\frac{2}{3}}$$

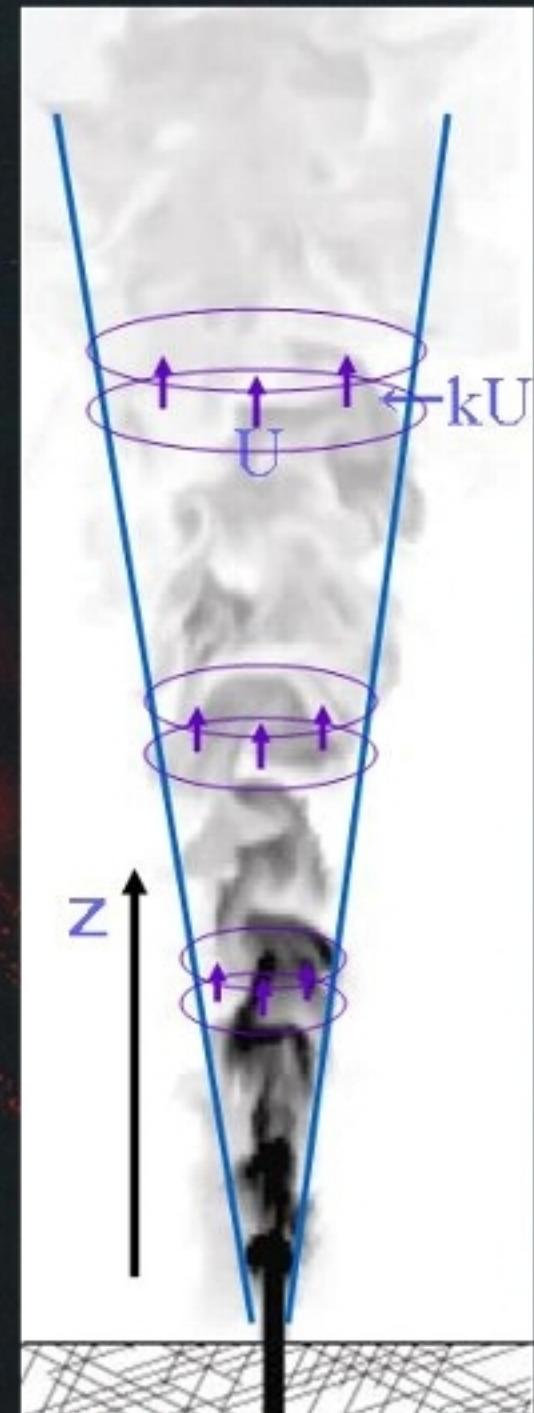
R: 半径
N: ブラント・ヴァイサラ振動数
V_U: 体積流量
t: 時間

傘型高度での体積流量
→ 傘型噴煙半径の時間変化

噴煙の定常1次元モデル

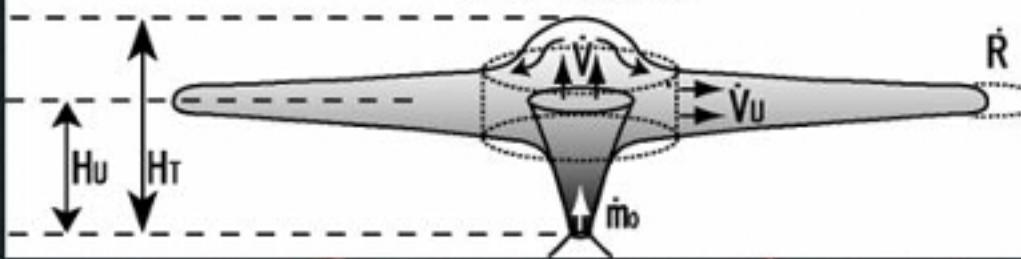
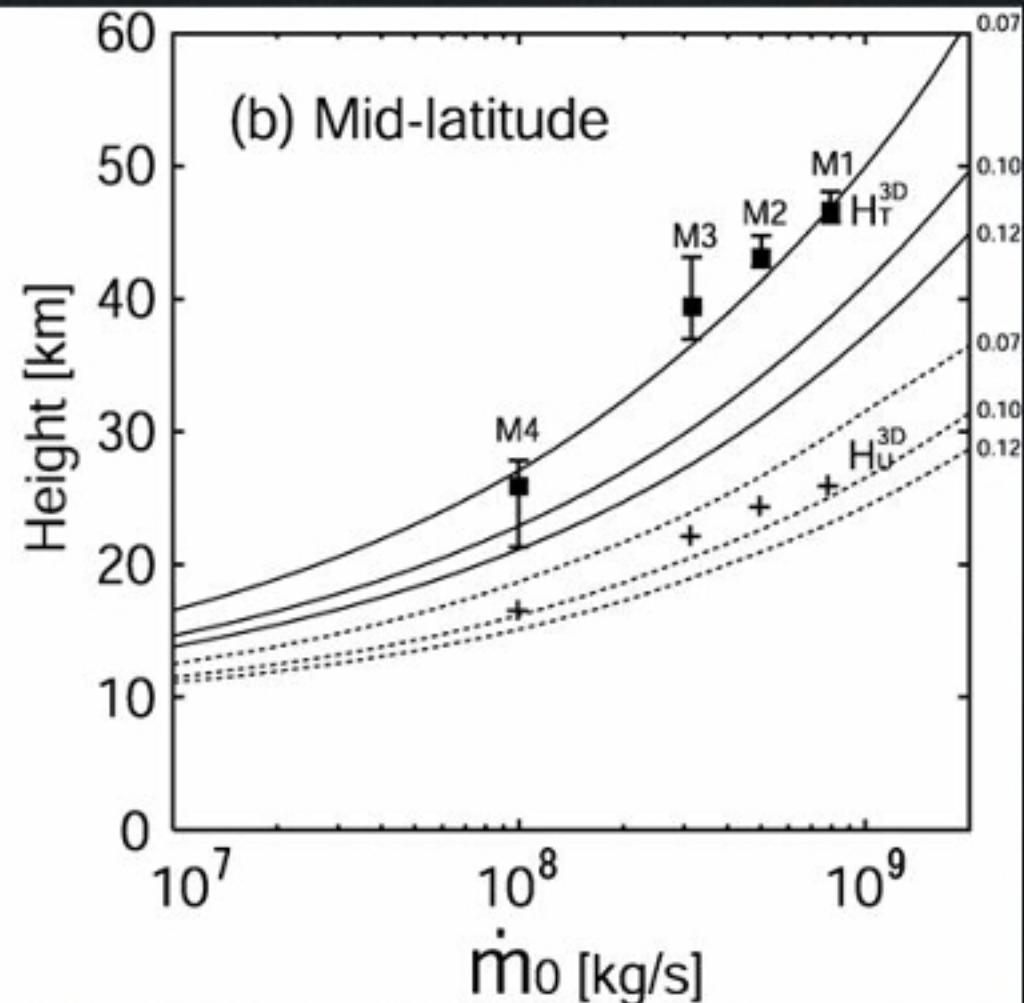
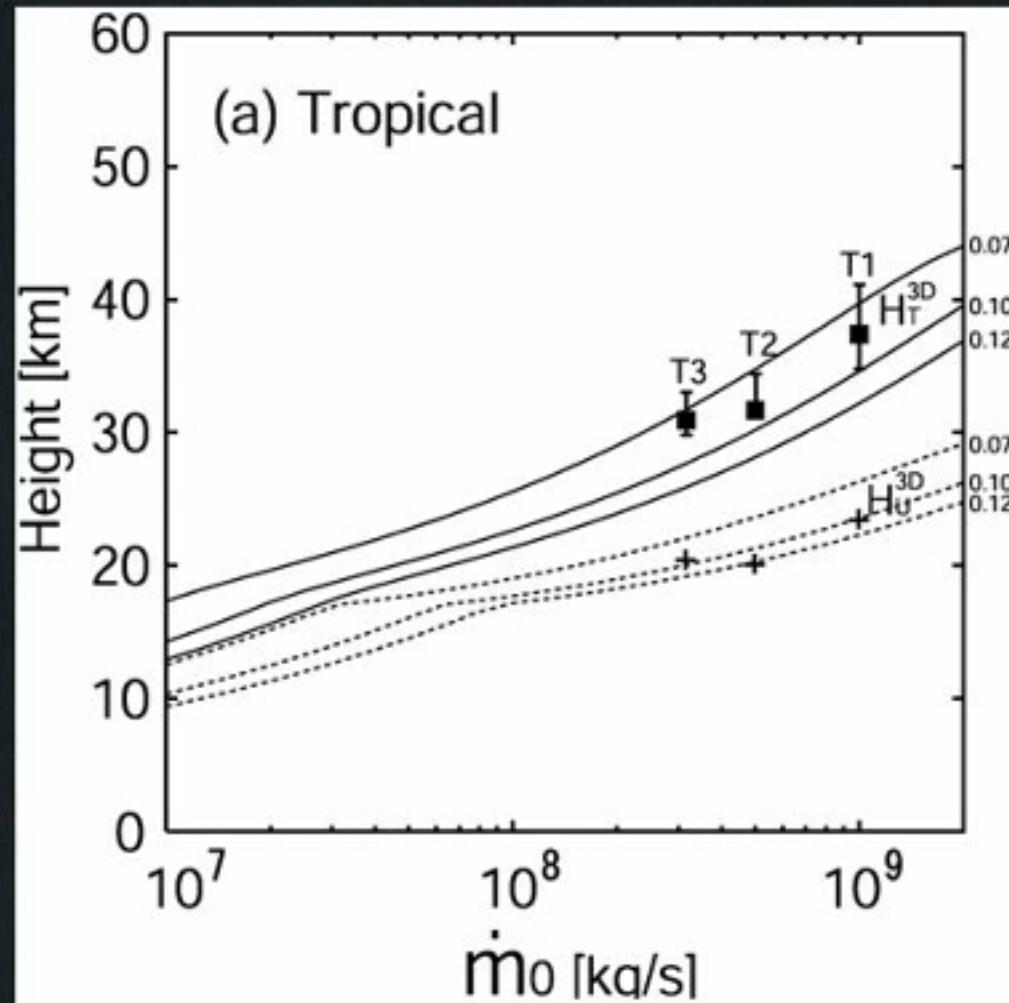
◇噴煙を大気圧とバランスした定常的な乱流プルームとしてとらえ、保存則を使って、各高さの平均速度、密度、温度を求める

$$\frac{d}{dz}(\rho U \pi L^2) = 2\pi L k U \rho_{air}$$
$$\frac{d}{dz}(\rho U^2 \pi L^2) = -(\rho - \rho_{air}) g \pi L^2$$
$$\frac{d}{dz} \left(\rho U \pi L^2 \left(C_p T + gh + \frac{U^2}{2} \right) \right) = C_{p,air} T_{air} 2\pi L k U \rho_{air}$$



取り込まれる流体

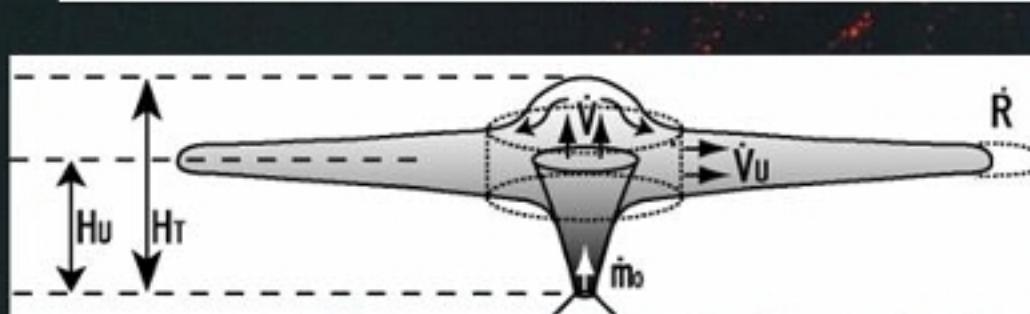
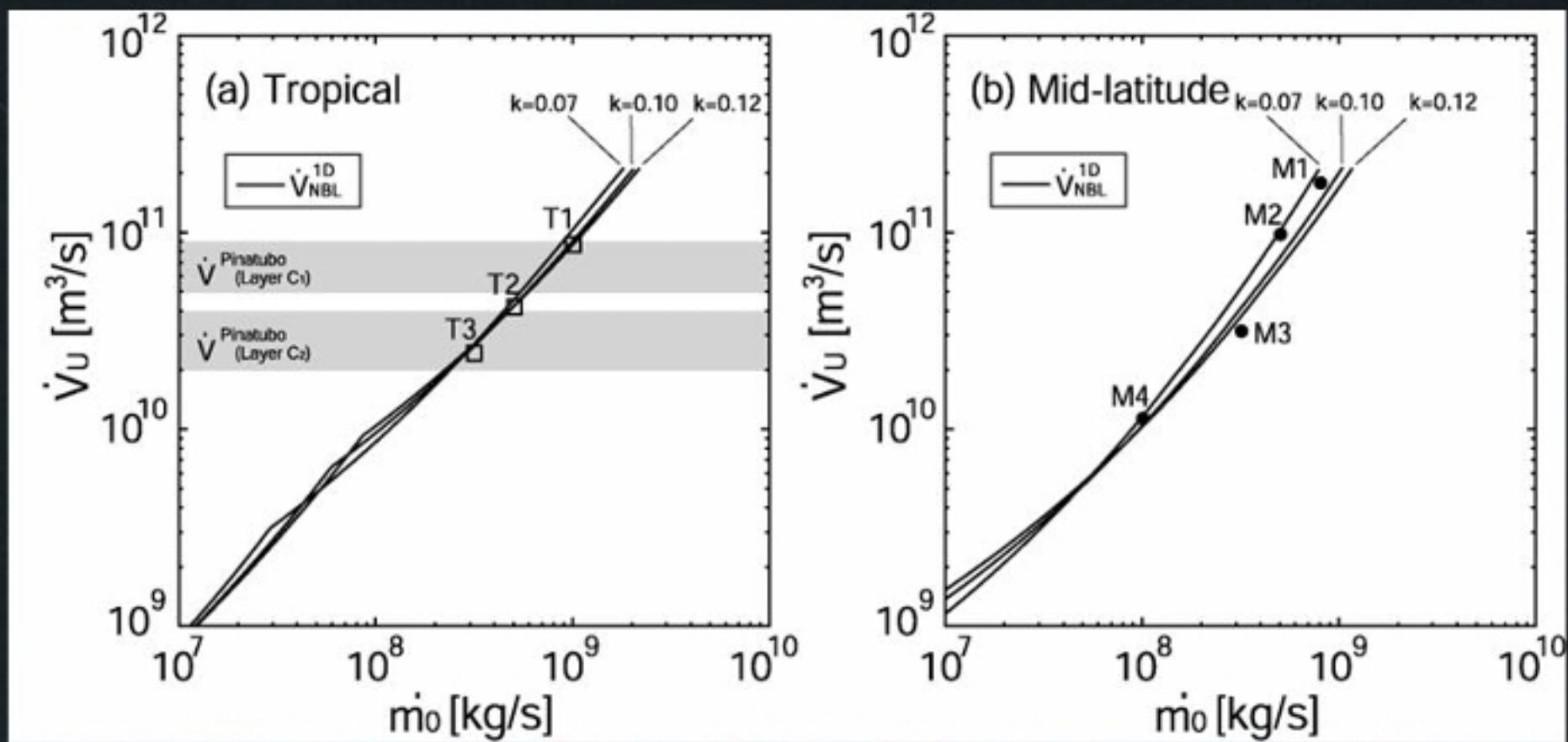
噴煙高度 $H_U, H_T \rightarrow k$ の決定



$k \sim 0.1$

注: Plumeモデルによる H_T (特に中緯度大気)の見積もりは小さい

体積流量 → k の決定



$k \sim 0.1$

火砕流の発生条件 → k の決定

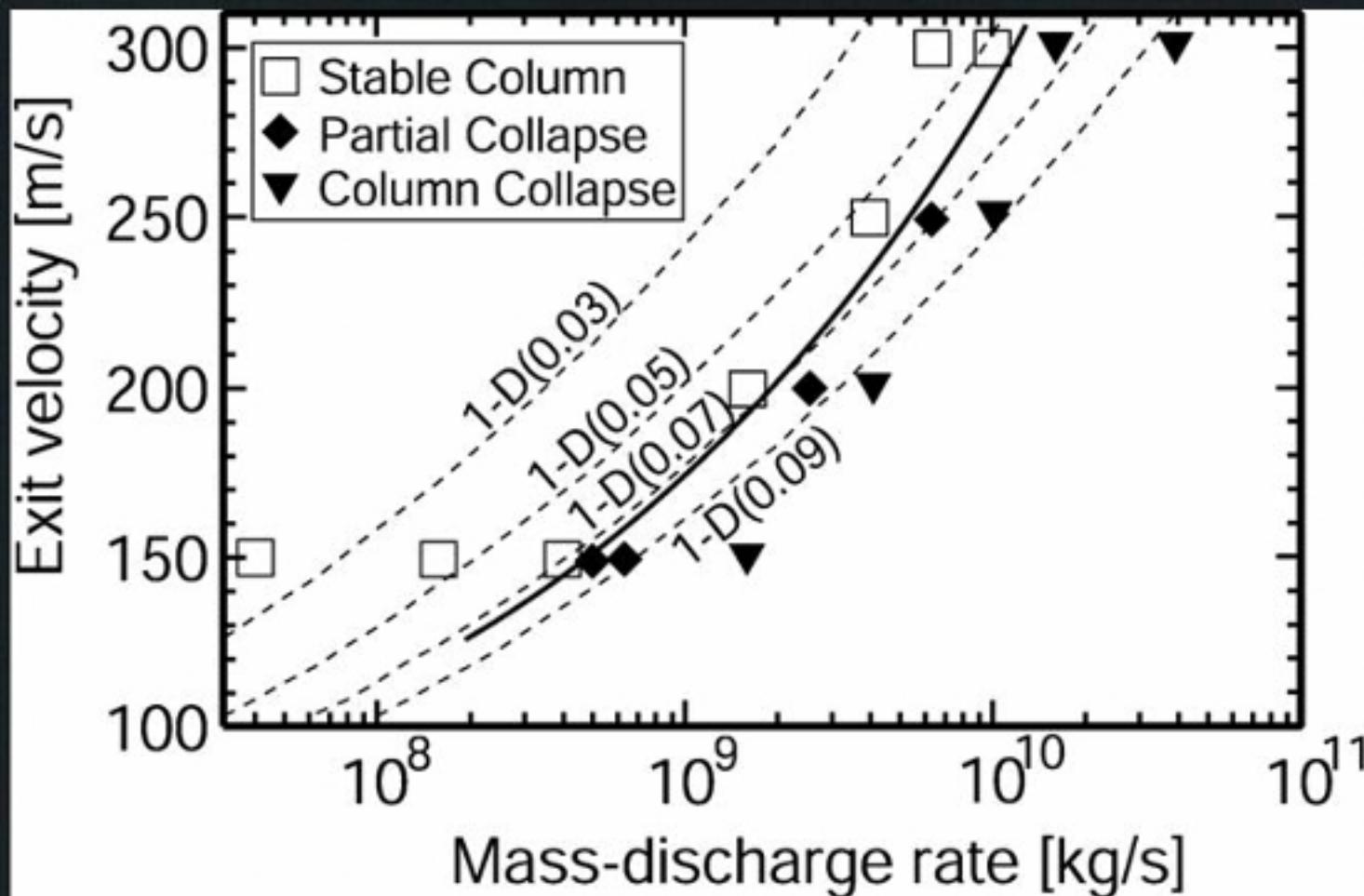
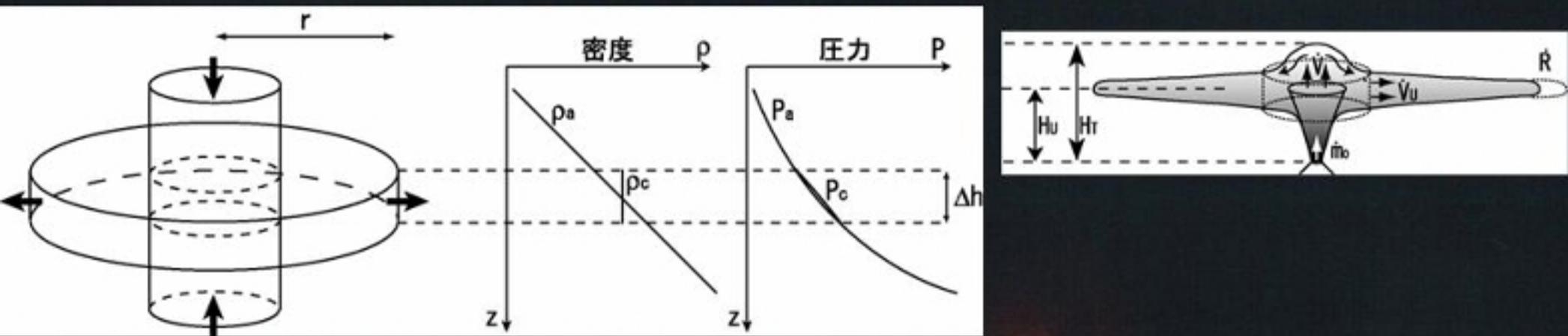


Fig. 9

$k \sim 0.07$

傘型噴煙の重力流モデル



p_1 (噴煙内外の圧力差) ~ p_2 (先端拡大による動圧)

$$p_1 = p_c(\text{噴煙圧力}) - p_a(\text{周囲圧力})$$

$$p_c = \rho_c g z + p_T$$

$$\frac{dp_a}{dz} = \rho_a g = \beta(z - \frac{\Delta h}{2})g + \rho_c g, \left[\frac{d\rho_a}{dz} = \beta \right]$$

$$p_a = \frac{\beta g z^2}{2} - \frac{\beta g \Delta h z}{2} + \rho_c g z + p_T$$

$$p_1 = \frac{1}{\Delta h} \int_0^{\Delta h} (p_c - p_a) dz = \frac{\beta g \Delta h^2}{12}$$

参考文献(1)

- Bursik, M. I., Sparks, R. S. J., Gilbert, J. S., and Carey, S. N., 1992: Sedimentation of tephra by volcanic plumes. 1. Theory and its comparison with a study of the Fogo A plinian deposit, Sao Miguel (Azores), *Bull. Volcanol.*, **54** (4), 329-344, doi:10.1007/BF00301486.
- Holasek, R. E., Self, S., Woods, A.W., 1996: Satellite observations and interpretation of the 1991 Mount Pinatubo eruption plumes. *J. Geophys. Res.*, **101**, 27635-27655.
- Koyaguchi, T., 1996: Volume estimation of the ejecta of Pinatubo 1991 eruption by means of fluid dynamics model and geological methods. in "*Fire and Mud*" Monograph of the Pinatubo 1991 eruption, 583-600, Univ. of Wash. Press and Philippine Inst. of Volcanology and Seismology, Seattle and Quezon City.
- Koyaguchi, T., and Tokuno, M., 1993: Origin of the giant eruption cloud of Pinatubo, June, 1991. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **55**, 85-96.
- Koyaguchi, T., Ohno, M., 2001: Reconstruction of eruption column dynamics on the basis of grain size of tephra fall deposits. 1. Methods. *J. Geophys. Res.*, **106**, 6499-6512.

参考文献(2)

- Koyaguchi, T., Ohno, M., 2001: Reconstruction of eruption column dynamics on the basis of grain size of tephra fall deposits. 2. Application to the Pinatubo 1991 eruption. *J. Geophys. Res.*, **106**, 6513-6533.
- Sparks, R. S. J., Bursik, M. I., Carey, S. N., Gilbert, J. S., Glaze, L. S., Sigurdsson, H., and Woods, A. W., 1997: *Volcanic Plumes*, 574 pp., John Wiley and Sons, Chichester; New York.
- Tahira, M., Nomura, M., Sawada, Y., and Kamo, K., 1996: Infrasonic 782 and acoustic-gravity waves generated by the Mount Pinatubo eruption of June 15, 1991, in *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines*, edited by C. G. Newhall and R. S. Punongbayan, pp. 601-614, Univ. of Wash. Press and Philippine Inst. of Volcanology and Seismology, Seattle and Quezon City.
- Tanaka, S., Sugimura, T., Harada, T., and Tanaka, M. 1991: Satellite observation of the diffusion of Pinatubo volcanic dust to the stratosphere, (in Japanese with English abstract), *J. Remote Sensing Soc. Jpn.*, **11**, 91-99.

参考文献(3)

- Wiesner, H., Zorn, I., Schelhowe, H., Baier, B., Ebkes, I., 2004: The ten most important gender mainstreaming rules for creating e-learning modules. *i-com Zeitschrift fur Interaktive und Kooperative Medien*, **2**, 50-52.
- Wiesner, C., Kemper, A., Brandl, S., 2004: Dynamic extensible query processing in super-peer based P2P systems. *Proceedings. 20th International Conference on Data Engineering*, 848.
- Wiesner, M. G., Wetzel, A. , Catane, S. G., Listanco, E. L., and Mirabueno, H. T. 2004: Grain size, areal thickness distribution and controls on sedimentation of the 1991 Mount Pinatubo tephra layer in the South China Sea, *Bull. Volcanol.*, **66**, 226-242, doi:10.1007/s00445-003-0306-x.
- Woods, A. W.. 1988: The fluid dynamics and thermodynamics of eruption columns, *Bull. Volcanol.*, **50** (3), 169-193, doi:10.1007/BF01079681.