

# 講義室の空調制御と 快適さの指標

長崎大学工学部 機械システム工学講座

山口朝彦

# 動機

## ❖ 講義室の空調制御

- キャンパス電力負荷の平準化と省エネ

## ❖ 快適さの指標

- あやふやなものの測定と数値化

# キャンパスの省エネと電力負荷平準化

- 省エネルギー法による目標

(第1種エネルギー管理指定工場)

エネルギー消費原単位を中長期的にみて  
年平均1パーセント以上低減させる

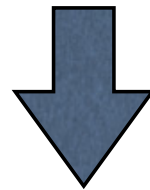
- 契約電力超過による違約金

## 省エネ

- キャンパスエネルギー監視システム
  - データの集計と省エネ対策の提案

## 電力負荷の集中回避

- 夏期の空調(冷房)運転
  - 夏期休暇の時期変更 → 空調負荷の増大
  - 学生顧客主義 → 空調停止は ×



## 講義室の空調制御

# 長崎大学機械システム工学科の若手の懇話会

- 理科系の減少(全国、特に九州)
- 志願倍率の低下
- 海外の大学の機械工学科の動向
- 予算獲得に向けてのコラボレーション

研究テーマ探し...

- 人間の肝臓の触感 ← 技術の伝承
- 美容と匂い ← 不快な匂いの除去
- 食感 ← おいしいの $+\alpha$
- 空調制御のための指標 ← 温度だけ？

あやふやなものや人間の感覚を測る、数値化

# 空調 ← 快適さの欲求



温度調節(寒暖)

風向調節(上下左右)

風量調節(強弱)

温度 = 快適さ？

ボルダールでは気温30°Cでも涼しく感じた...湿度？

快適さの指標

# ルームエアコンの性能

冷房時 10 畳程度

3階建住宅対応  
長尺配管15m 最大高低差12m

3 [ ]

希望小売価格 **367,500**円 (税抜 350,000円)

室内: F28JTRXS-W(-C) 147,000円 (税抜 140,000円)  
室外: R28JRXS 220,500円 (税抜 210,000円)

室内: 高さ315×幅890×奥行239mm 室外: 高さ693×幅795(+63)×奥行285mm

畳数のめやす	能力 (kW)	消費電力 (W)
暖房 7~9 畳 (12~15㎡)	3.2(0.6~7.7)	485(95~1,970)
冷房 8~12 畳 (13~19㎡)	2.8(0.6~4.0)	440(95~860)

消費電力量のめやす	暖房時(月あたり)	冷房時(月あたり)	期間合計(年間)
	115kWh/月	60kWh/月	850kWh

目標年度	省エネ基準達成率	通年エネルギー消費効率
2010年度	100%	6.6

室内電源タイプ (準100V・⑨・20A)  
連絡電線本数 3本  
冷媒配管接続径 液φ6.4・ガスφ9.5

[寸法フリー]

冷暖房共に おもに 10 畳

(単相100V・プラグ形式 Ⓛ )  
室外 MUZ-ZW288

[寸法規定]

目標年度	省エネ基準達成率	通年エネルギー消費効率
2010年度	108%	6.3

目標年度	色	期間消費電力量	配管長	高低差
2004年度	クリアホワイト (W) ・ クリアブラウン (T)	891kWh	12m	10m

※オープン価格

	畳数のめやす	能力(kW)	消費電力(W)
暖房	8~10畳(13~16㎡)	3.6 (0.3~7.6)	630 (55~1965)
冷房	8~12畳(13~19㎡)	2.8 (0.3~4.0)	530 (55~950)

通年エネルギー消費効率 > 6



# 省エネ法とルームエアコン

(エネルギーの使用の合理化に関する法律)

## トップランナー基準

エネルギー多消費機器のうち省エネ法で指定するものの省エネルギー基準を、  
各々の機器において、基準設定時に商品化されている製品のうち最も省エネ性能  
が優れている機器の性能以上に設定する



◎2010年度以降の各年度

冷房能力	区分		基準エネルギー消費効率(APF)
	室内機の寸法タイプ	区分名	
3.2kW以下	寸法規定タイプ	A	5.8
	寸法フリータイプ	B	6.6
3.2kW超 4.0kW以下	寸法規定タイプ	C	4.9
	寸法フリータイプ	D	6.0

備考 「室内機の寸法タイプ」とは、室内機の横幅寸法800ミリメートル以下かつ高さ295ミリメートル以下の機種を寸法規定タイプとし、それ以外を寸法フリータイプとする。

「トップランナー基準早わかり」 経済産業省資源エネルギー庁、財団法人省エネルギーセンター、2006 より

# エアコンの性能向上

1. 熱交換器の性能向上
2. 制御系の性能向上(インバータ化など)
3. 流体機械の性能向上
4. 冷媒の性能向上
5. 理論サイクルのCOP向上



長崎大学  
NAGASAKI UNIVERSITY

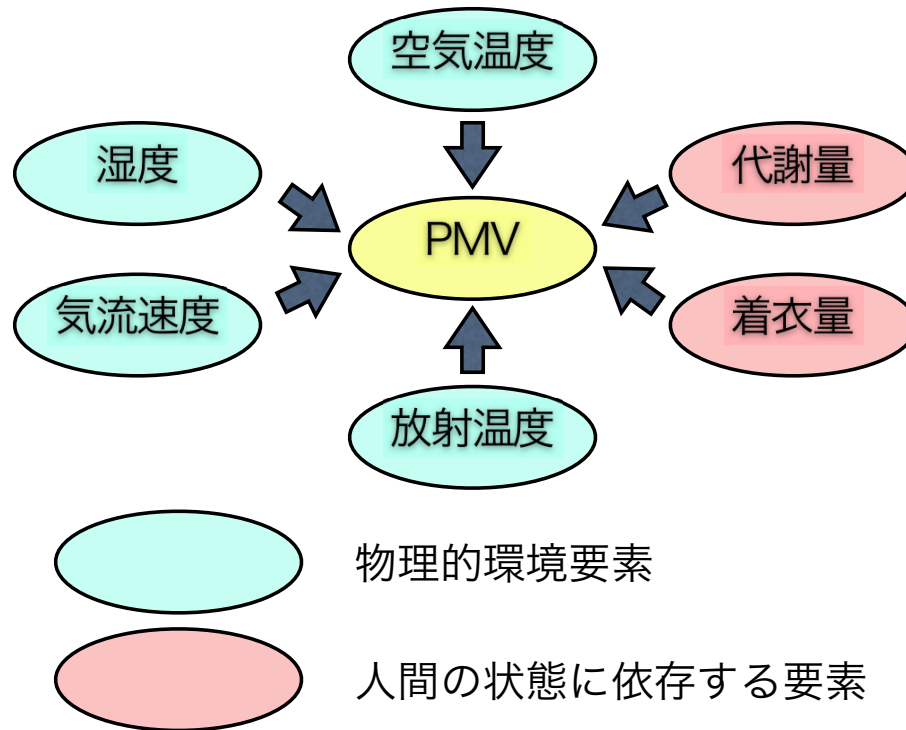
# 快適さの指標

# 温熱環境に関する快適さの指標

- SET\*(Standard New Effective Temperature 新標準有効温度), A. P. Gagge, et al., [ASHRAE](#)
- ET\*(New Effective Temperature 新有効温度), A. P. Gagge, et al.
- PMV(Predicted Mean Vote 予想温冷感申告), O. Fanger, [ISO-7730](#)
- PPD(Predicted Percentage of dissatisfied 予測不快者率)
- THI(Temperature Humidity Index 不快指数)
- WCI(Wind Chill Index 風力冷却指数), Siple and Passel
- TSI(Thermal Sensation Index 温冷感指数)

# PMV, PPD

ISO-7730:  $-0.5 < PMV < 0.5$ を推奨  
(PPD < 10%)



PMV  
+3 (Hot)  
+2 (Warm)  
+1 (Slightly warm)  
0 (Neutral)  
-1 (Slightly cool)  
-2 (Cool)  
-3 (Cold)

# SET\*

Nishi Labo. (<http://www.hit.ac.jp/~archi/zhp/nzhp/>)

- 温熱感覚および放熱量が実在環境におけるものと同等になるような相対湿度50%の標準環境の気温 (SET\*: 0.10m/s, 1.0met, 0.6clo)

1. 気温
2. 風速
3. 湿度
4. 放射温度
5. 着衣量
6. 作業量

ASHRAE:

SET\*=22.2°C~25.6°Cが快適域



# 温冷感試験

試験条件 (3×3=9回)	室温[°C]	相对湿度[%]
	20	30
	24	50
	28	80

試験時期：平成20年2月

場所：人口気象室

被験者数：4人

被験者：学生

被服量：約1clo





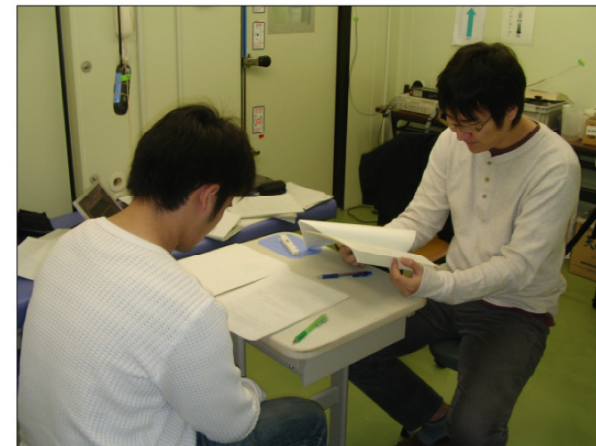
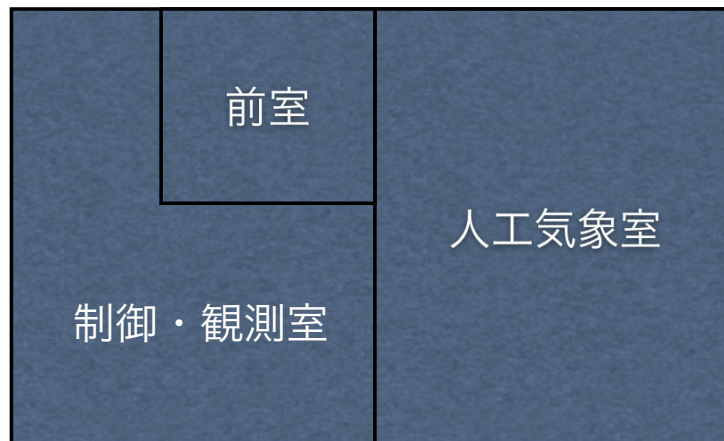
# 試験内容

- 講義中を想定(読書、パズルなど)
- アンケートを実施

温冷感(7段階) 寒い ⇔ 暑い

湿乾度(7段階) ひどく乾燥している ⇔ ひどく湿気ている

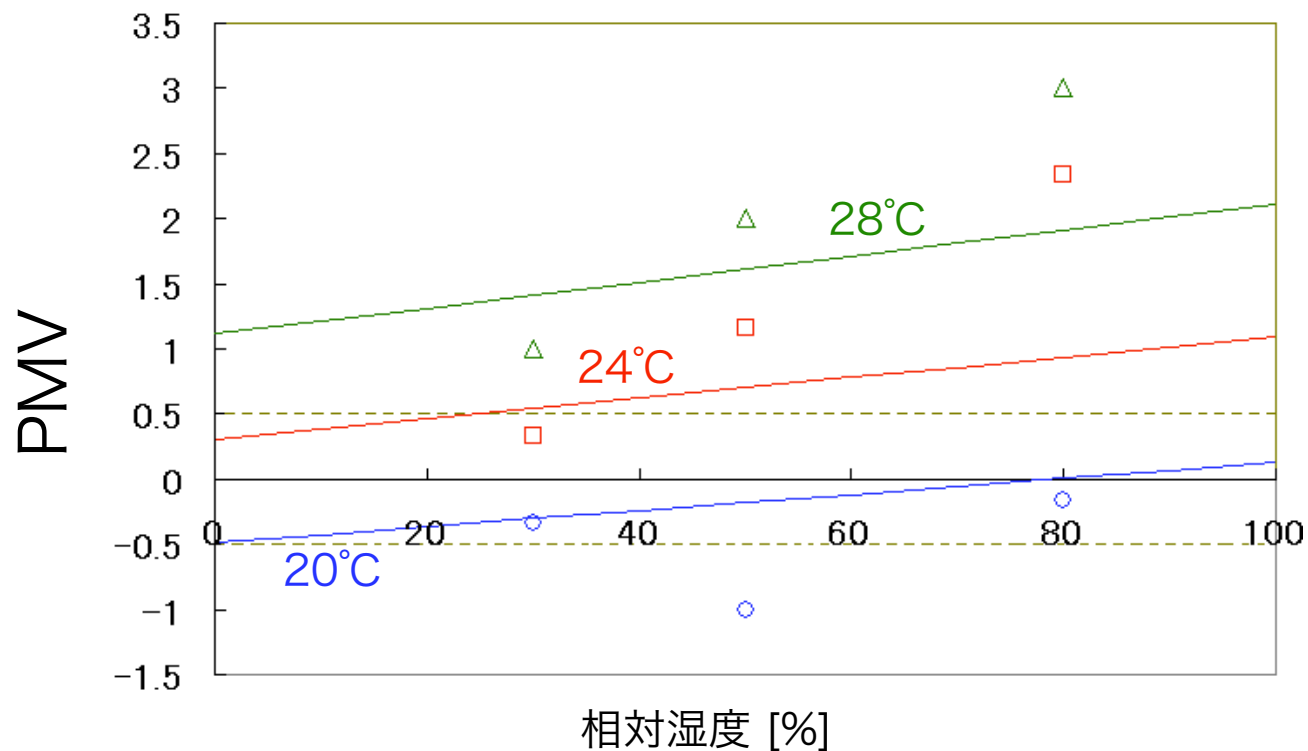
不満度(6段階) まったく感じない ⇔ とても不満



人工気象室内の様子



# 予測PMVとの比較



## 温熱環境においては、一般的に...

- 快適性に最も影響があるのは温度
- 代謝量が大きいと湿度の影響が増す
- PMVは温冷感としてしか評価していない
- 高湿度域ではSET\*も湿度のずれが大きい

# 考察

- PMVは高温・高湿度域では快適さの指標としては不十分  
(デンマークだから?)
- SET\*も高湿度域の精度が不十分  
(ASHRAEだから?)

高温・高湿度の日本(九州)では、湿度も  
快適さの重要なパラメータ

## 平成20年データ (長崎海洋気象台)

		日最高気温[°C]	平均湿度[%]
6月	上旬	25.0	73
	中旬	25.7	82
	下旬	26.0	81
7月	上旬	29.6	77
	中旬	32.1	73
	下旬	33.4	72
8月	上旬	34.1	67
	中旬	32.1	75
	下旬	30.1	72
9月	上旬	31.2	69
	中旬	29.0	77
	下旬	29.2	78

- 湿度が気になる気温
- PMVやSET\*は苦手な領域



長崎大学  
NAGASAKI UNIVERSITY

# 講義室の空調制御

(安静時のルームエアコン)

# エアコンの制御

## 制御パラメータ

温度 (省エネ努力目標 : 28°C)

風量 (省エネ努力目標 : 弱or中)



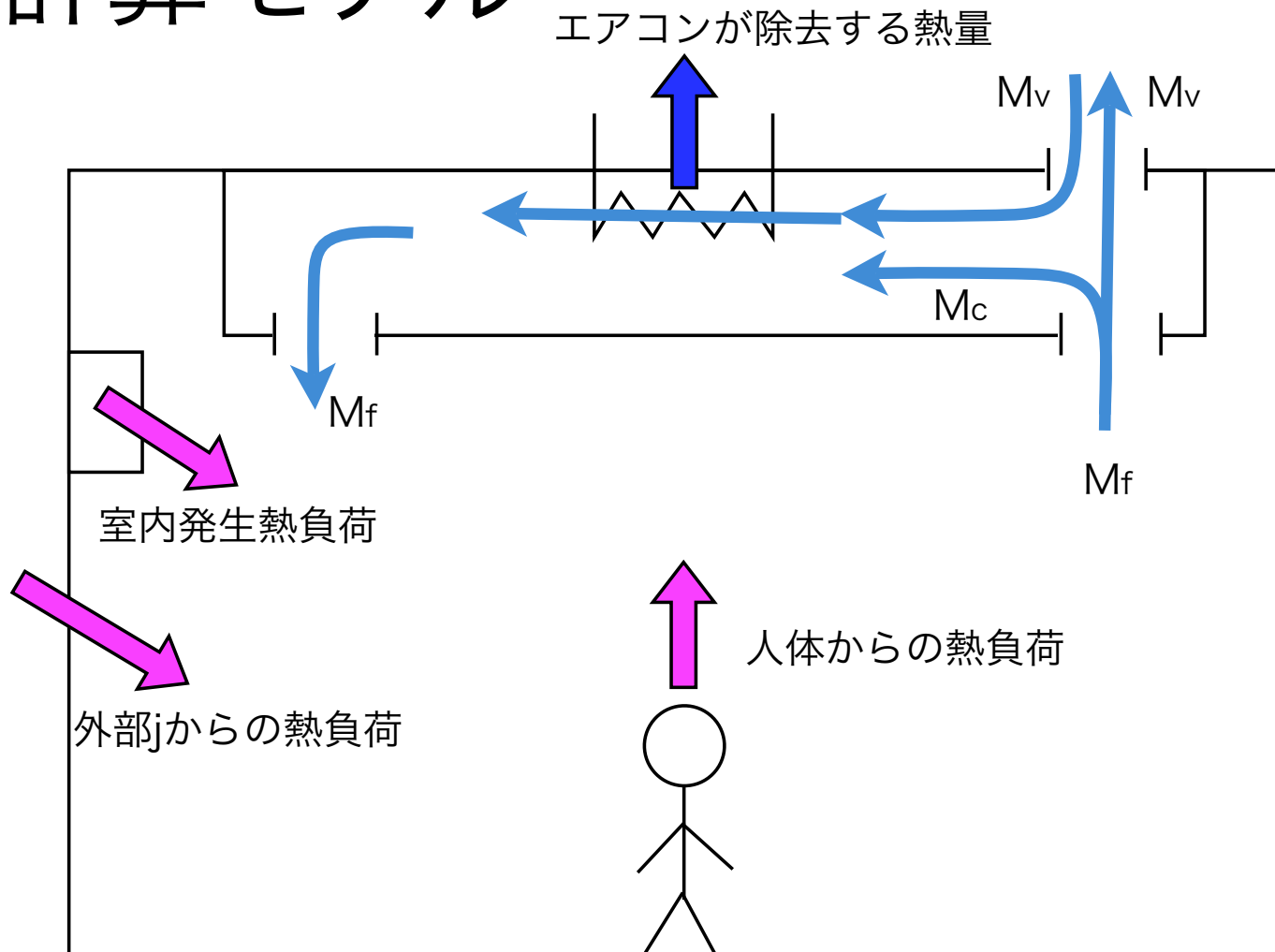
# 湿り空気による エアコン運転シミュレーション

外気温度	35 °C
外気湿度	75%

エアコン 設定温度	28 °C
	24 °C
	20 °C

冷媒温度 ⇔ 消費エネルギー、相対湿度、成績係数

# 計算モデル





# 省エネ法とルームエアコン

(エネルギーの使用の合理化に関する法律)

## トップランナー基準

エネルギー多消費機器のうち省エネ法で指定するものの省エネルギー基準を、  
各々の機器において、基準設定時に商品化されている製品のうち最も省エネ性能  
が優れている機器の性能以上に設定する



②2010年度以降の各年度

冷房能力	区分		基準エネルギー消費効率(APF)
	室内機の寸法タイプ	区分名	
3.2kW以下	寸法規定タイプ	A	5.8
	寸法フリータイプ	B	6.6
3.2kW超 4.0kW以下	寸法規定タイプ	C	4.9
	寸法フリータイプ	D	6.0

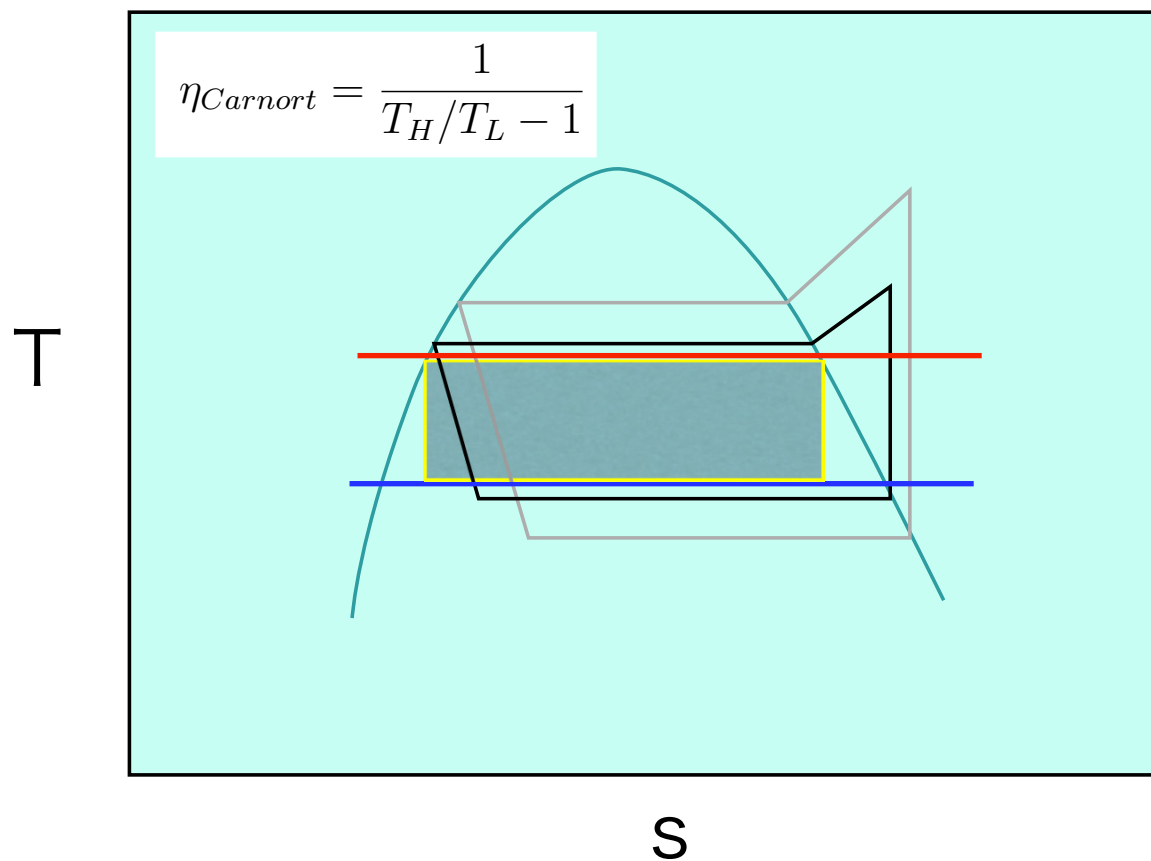
備考 「室内機の寸法タイプ」とは、室内機の横幅寸法800ミリメートル以下かつ高さ295ミリメートル以下の機種を寸法規定タイプとし、それ以外を寸法フリータイプとする。

「トップランナー基準早わかり」 経済産業省資源エネルギー庁、財団法人省エネルギーセンター、2006 より

# エアコンの性能向上

1. 熱交換器の性能向上
2. 制御系の性能向上(インバータ化など)
3. 流体機械の性能向上
4. 冷媒の性能向上
5. 理論サイクルのCOP向上

# 冷凍サイクルのT-s線図



冷媒温度が熱源  
温度に近いほど  
COPは大きい

# 考察

一定の設定温度において、

熱交換器の性能向上 → 蒸発器ピンチ温度の減少

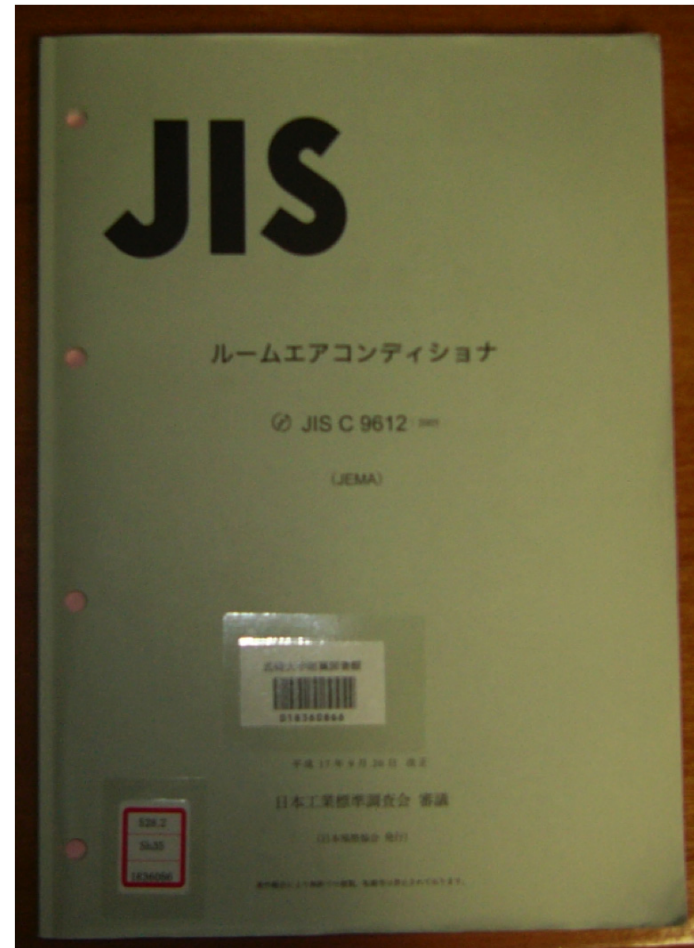
→ 冷媒温度の上昇 → COPの向上

だとすると、

1. COPの高いエアコンは湿度が下がらない
2. 同じ設定温度でも、蒸し暑く感じる
3. 設定温度を下げる
4. 結果的に、省エネにならないかも...

# エアコンの性能試験

- JIS B 8615-1
  - 冷房能力
- JIS C 9612
  - 通年エネルギー消費効率



# 冷房能力試験条件

定格運転 JIS B 8615-1: 1999

室内側吸込空気温度 [°C]		相对湿度
乾球温度	27	46%
湿球温度	19	(0.0105)
室外側吸込空気温度 [°C]		相对湿度
乾球温度	35	40%
湿球温度	24	(0.0143)

JIS B 8615-1 ← ISO 5151

# 通年エネルギー消費効率

附属書 4 表1 冷房期間中冷房を必要とする各温度の発生時間(全国平均) JIS C 9612: 2005

温度区分	外気温度 [°C]	発生時間 [h]	温度区分	外気温度 [°C]	発生時間 [h]
1	24	158.2	9	32	51.5
2	25	181.6	10	33	26.9
3	26	184.7	11	34	14.3
4	27	178.7	12	35	5.6
5	28	147.3	13	36	1.5
6	29	114.1	14	37	0.7
7	30	93.8	15	38	0.1
8	31	79.6	計		1 238.6

冷房期間エネルギー消費効率

$$CSPF = \frac{\sum_{j=1}^{15} \Phi_{cr}(t_j)}{\sum_{j=1}^{15} P_c(t_j)}$$

$\Phi_{cr}(t_j)$  冷房期間中に発生する外気温度 $t_j$ において、その発生時間内に建物を冷房するために要する熱量(Wh)  
(JIS B 8615-1の冷房能力試験のデータを利用)

$P_c(t_j)$  冷房期間中に発生する外気温度 $t_j$ において、その発生時間内に建物を冷房するために要した消費電力量(Wh)  
(JIS B 8615-1の冷房能力試験のデータを利用)



ご静聴ありがとうございました

湿り空気の計算

<http://www2.mech.nagasaki-u.ac.jp/PROPATH/>